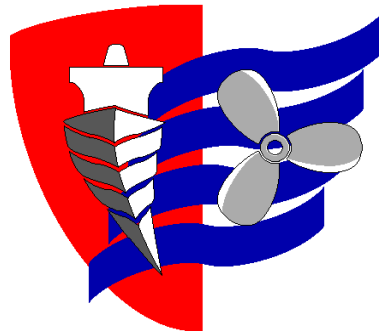


# **ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



## ***Trabajo Fin de Máster***

### **METODOLOGÍA PARA EMPLEAR HOJAS DE CÁLCULO EN LA RESOLUCIÓN DE CÁLCULOS DE CARGA Y ESTABILIDAD EN BUQUES GRANELEROS. UNA APLICACIÓN AL CÁLCULO DE CARGA EN EL BUQUE “SPAR SCOPIO”**

### **METHODOLOGY IN USING SPREADSHEETS TO RESOLVE LOAD AND STABILITY CALCULATIONS IN BULK CARRIERS. AN APPLICATION TO VESSEL'S “M/S SPAR SCOPIO” LOADING CALCULATION**

**Para acceder al Título de Máster Universitario en:  
Ingeniería Náutica y Gestión Marítima**

Autor: Marc Ferrer Betorz

Director: Francisco José Sánchez Díaz de la Campa

Marzo-2019

# **ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

## ***Trabajo Fin de Máster***

### **METODOLOGÍA PARA EMPLEAR HOJAS DE CÁLCULO EN LA RESOLUCIÓN DE CÁLCULOS DE CARGA Y ESTABILIDAD EN BUQUES GRANELEROS. UNA APLICACIÓN AL CÁLCULO DE CARGA EN EL BUQUE “SPAR SCOPIO”**

### **METHODOLOGY IN USING SPREADSHEETS TO RESOLVE LOAD AND STABILITY CALCULATIONS IN BULK CARRIERS. AN APPLICATION TO VESSEL'S “M/S SPAR SCOPIO” LOADING CALCULATION**

**Para acceder al Título de Máster Universitario en:  
Ingeniería Náutica y Gestión Marítima**

## **AVISO DE RESPONSABILIDAD:**

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Máster de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros,

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Máster, así como el profesor/a director no son responsables del contenido último de este Trabajo.

# Índice

---

Índice.....	I
Resumen y Palabras clave.....	IV
I.- INTRODUCCIÓN.....	6
II.- MEMORIA DESCRIPTIVA.....	8
II.1.- Planteamiento del problema .....	8
II.1.1.- Planteamiento del problema.....	8
II.1.2.- Hipótesis de partida y de resultado (objetivos) .....	10
II.1.2.1.- Hipótesis de partida.....	10
II.1.2.2.- Hipótesis de resultado .....	11
II.2.- Herramientas de resolución .....	12
II.2.1.- Descripción del sistema objeto de estudio. ....	12
II.2.1.1.- Herramienta: Fórmulas de Teoría del Buque .....	12
II.2.2.- Descripción del Contexto científico o técnico.....	17
II.2.2.1.- Herramienta: hojas de cálculo de Microsoft Excel .....	17
Función SI() .....	17
Función SI.ERROR() .....	18
Funciones Y() O() .....	18
Función BUSCAR().....	18
Función K.ESIMO.MENOR() .....	18
Ver / ocultar líneas de división .....	19
Dividir la ventana en varios paneles .....	19
II.2.2.2.- Herramienta: Flujogramas.....	20
II.3.- Parte I de la metodología: Resolución del cálculo.....	24
II.3.1.- Mapa de procesos .....	24
II.3.2.- Flujograma de cada proceso .....	26
II.3.2.1.- Proceso Cálculo de Tanques .....	26
II.3.2.2.- Proceso Cálculo de Bodegas .....	28
II.3.2.3.- Proceso Importación de Datos .....	31
II.3.2.4.- Proceso de Distribución de Pesos .....	32
II.3.2.5.- Proceso Cálculo de Puntos Indiferentes .....	34
II.3.2.6.- Proceso cálculos de estabilidad .....	37

II.3.3.-	Descripción de las entradas .....	41
II.3.3.1.-	Tablas hidrostáticas y pantocarenas que describen el buque .....	41
	Tablas hidrostáticas .....	41
	Tablas pantocarenas .....	42
II.3.3.2.-	Opciones de configuración a disposición del usuario .....	42
II.3.3.3.-	Datos que describen la condición de carga en cada viaje .....	44
II.3.4.-	Salidas generadas y su tratamiento .....	45
II.3.4.1.-	Salidas .....	45
II.3.4.2.-	Condiciones válidas y no válidas .....	47
II.3.5.-	Descripción de gráficos .....	48
II.4.-	Parte II de la metodología: Recursos informáticos .....	50
II.4.1.-	Distribución de cálculos en distintas hojas .....	50
II.4.2.-	Importación a Excel de las tablas que describen el buque .....	51
II.4.3.-	Uso de tablas, referencias estructuradas, botón formulario y fila de totales .....	51
II.4.4.-	Uso de tablas dinámicas .....	54
II.4.5.-	Buscar datos e interpolar en una tabla .....	56
II.4.6.-	Transformar diamantes de decisión en funciones SI() .....	61
II.4.6.1.-	Diamantes de decisión y funciones “SI” .....	61
II.4.6.2.-	Funciones SI anidadas .....	61
II.4.7.-	Uso de gráficos de líneas y de dispersión .....	61
	Gráficos de líneas .....	62
	Gráficos de dispersión .....	64
II.4.8.-	Uso de la función PENDIENTE() e INTERSECCION.EJE() .....	65
II.4.9.-	Uso de la validación de datos, formato condicional, y la protección de hojas para el tratamiento y protección de las entradas y las salidas .....	66
III.-	APLICACIÓN PRÁCTICA .....	71
III.1.1.-	Distribución de cálculos en distintas hojas .....	71
III.1.1.1.-	Hoja “INICIO” .....	71
III.1.1.2.-	Hoja “LASTRE” .....	72
III.1.1.3.-	Hoja “TANQUES” .....	73
III.1.1.4.-	Hoja “BODEGAS” .....	74
III.1.1.5.-	Hoja “GRAFICO” .....	75
III.1.1.6.-	Hoja “ESTABILIDAD” .....	76
III.1.1.7.-	Hoja “TABLAS” .....	78

III.1.2.-	Importación a Excel de las tablas que describen el buque .....	79
III.1.3.-	Uso de tablas, referencias estructuradas, botón formulario y fila de totales .....	82
III.1.4.-	Uso de tablas dinámicas .....	84
III.1.5.-	Buscar datos e interpolar en una tabla.....	85
III.1.6.-	Transformar diamantes de decisión en funciones SI().....	86
III.1.6.1.-	Diamantes de decisión y funciones “SI” .....	86
III.1.6.2.-	Funciones SI() anidadas.....	88
III.1.7.-	Uso de gráficos de líneas y de dispersión.....	89
III.1.7.1.-	Gráficos de líneas.....	89
III.1.7.2.-	Gráficos de dispersión.....	90
III.1.8.-	Uso de la función PENDIENTE() e INTERSECCION.EJE() .....	92
III.1.9.-	Uso de la validación de datos, formato condicional, y la protección de hojas para el tratamiento y protección de las entradas y las salidas.....	93
III.1.9.1.-	Validación de datos .....	93
III.1.9.2.-	Formato condicional .....	95
III.1.9.3.-	Protección de hojas .....	96
IV.-	CONCLUSIONES.....	97
	Referencias citadas .....	98
V.-	ANEXOS .....	100
V.1.-	Anexo 1: Información del “Tank Plan” .....	100
V.2.-	Anexo 2: Obtención de medidas sobre planos del buque .....	102
V.3.-	Anexo 3: Datos generales del manual de lastres y el manual de estabilidad 103	
V.3.1.-	“Ship particulars” .....	103
V.3.2.-	Tablas hidrostáticas y pantocarenas.....	105

# Resumen y Palabras clave

---

## Resumen

Mediante el uso de recursos informáticos, los marinos pueden mejorar tanto la agilidad como la precisión en los cálculos realizados durante las operaciones de carga de los buques. El presente trabajo diseña una metodología para elaborar hojas de cálculo que permitan resolver problemas de estabilidad y trimado en buques de carga sólida a granel.

Se pretende conseguir que mediante la posterior aplicación práctica de dicha metodología se obtenga como resultado una hoja de “Microsoft Excel” capaz de cumplir las funciones de los programas informáticos de carga exigidas por las Sociedades de Clasificación. Para ello, se han usado los datos de un buque concreto de los que se dispone y que son de acceso libre.

De este modo, este trabajo puede ser usado para cualquier marino con conocimientos informáticos básicos como fuente de conocimiento para elaborar un programa de carga personal aplicado a su propio buque.

## Abstract

*Through the usage of informatics resources, seamen are able to improve both the agility and the accuracy of the calculations made throughout the load and unload operations of ships. The present work designs a methodology to elaborate calculation sheets which allow the user to solve stability and trim problems of bulk carriers.*

*The purpose is to, through the practical application of said methodology, obtain a “Microsoft Excel” sheet capable of fulfilling the functions of the load calculation softwares required by the Classification Societies. For that purpose, open data of a specific bulk carrier has been used.*

*In so doing, this work can be used by any seaman with basic informatics knowledge as source to elaborate a custom load program which could be applied to his specific ship.*

**Palabras clave**

Transporte marítimo, Buque, Procesamiento de datos, Software de código abierto

**Keywords**

*Maritime Transport, Ship, Data processing, Open source software*



## I.- INTRODUCCIÓN

Los programas informáticos de carga (PIC) son aplicaciones informáticas propias de cada buque y homologadas por las Sociedades de Clasificación. Estos programas aportan información a los oficiales encargados de la carga en los buques mercantes. Por lo general, los PIC son aplicaciones cerradas que no pueden ser modificadas.

El presente trabajo diseña una metodología para realizar hojas de cálculo con prestaciones similares a los PIC. De esta forma, el oficial podrá ampliar las capacidades de los PIC puestos a su disposición.

Este trabajo desarrolla una **metodología** que permite diseñar hojas de cálculo que resuelven los cálculos de carga y estabilidad de cualquier buque que transporte carga sólida a granel. En el capítulo de **Aplicación Práctica** se aplica la mencionada metodología para diseñar una hoja de cálculo adaptada a las características del buque M/S Spar Scpio.

En la actualidad, los oficiales de carga de un buque mercante se encargan de muchas tareas que requieren tiempo de dedicación. Esto puede afectar a la labor de asegurar que los cálculos de carga y estiba que realizan no contengan errores, normalmente producidos por descuidos motivados por una sobrecarga de trabajo y falta de tiempo para repasar los cálculos debidamente (Rubio Medina, 2010). Un pequeño descuido puede comportar graves consecuencias y, por ello, deben buscarse formas de evitarlo a toda costa.

Con un programa de carga personalizado, el oficial de carga puede ir comprobando el estado del buque en todas las fases de la carga y detectar si se producirán situaciones de riesgo. Además, le permite obtener datos que aporten información de interés para poder dejar el buque en calados determinados, por ejemplo, mediante el uso del cálculo automático de los puntos indiferentes de carga.

Se diseñará una metodología que se pone a prueba en el capítulo de Aplicación Práctica, demostrándose con ello su utilidad. La metodología se basa en las siguientes herramientas:

**Descripción del sistema objeto de estudio:** El Sistema Objeto de estudio de este trabajo es el cálculo de estabilidad y trimado de buques con carga sólida a granel. Los conocimientos sobre cálculos de carga se han obtenido de la

fuelle: “*Teoría del buque: Flotabilidad y estabilidad*” (Olivella Puig, 1994) y documentado en el apartado de herramientas *II.2.1.1.-Herramienta: Fórmulas de Teoría del Buque.*

**Descripción del Contexto científico o técnico:** El contexto científico técnico que nos permite intervenir en el Sistema Objeto de estudio procede de dos grandes fuentes: la primera son los manuales de Excel (Microsoft, 2018) y la segunda una serie de recursos impartidos en la Asignatura “Formación Investigadora” del Máster en Ingeniería Náutica y Gestión Marítima de la UC y en la asignatura “Teoría del buque” del Grado en Náutica y Transporte Marítimo de la UPC. Ambas cuestiones se han descrito en los apartados de herramientas *II.2.2.1.-Herramienta: hojas de cálculo de Microsoft Excel* y *II.2.2.2.-Herramienta: Flujogramas.*

## II.- MEMORIA DESCRIPTIVA.

### II.1.- Planteamiento del problema

#### II.1.1.- Planteamiento del problema

Las Sociedades de Clasificación obligan a los buques a los que aseguran a tener un programa informático de carga (PIC) que facilite el cálculo de estabilidad y trimado. Estos programas deben ser homologados y se expide un certificado de la Sociedad de Clasificación mediante el cual se corrobora su buen funcionamiento. Además, dichos programas incorporan mecanismos para verificar su correcto mantenimiento comprobando que se llega a unos resultados concretos al introducir condiciones específicas.

Existen varias normativas que regulan los contenidos que deben incluir estos programas:

- *IACS Recommendation No.48* (IACS, 1997)
- *IMO - MSC/Circ.836 Recommendation on loading instruments* (IMO MSC, 2018)
- *IMO - MSC/Circ.854 Guidelines for shipboard loading and stability computer programs* (IMO MSC, 2018)
- *IMO - MSC/Circ.891 Guidelines for the on-board use and application of computers* (IMO MSC, 2018)
- *ISO 16155 Ships and marine technology - Computer applications - Shipboard loading instruments* (ISO, 2018)

Los programas requeridos por las Sociedades de Clasificación tienden a ser aplicativos cerrados y específicos de un buque en concreto que no permiten su modificación<sup>1</sup>. A diferencia del uso de Microsoft Excel, el usuario no puede realizar cambios en ellos. La única forma de modificar los PIC es ponerse en contacto con la empresa que lo ha vendido para encargar la modificación deseada.

Cómo ejemplo, se analiza uno de estos programas de carga que puede encontrarse fácilmente anunciados en internet. Se trata del programa de carga diseñado por la empresa turca “Ayden Marine” (Ayden Marine, 2016). En una imagen proporcionada

---

<sup>1</sup> El autor lo ha podido comprobar en su experiencia personal trabajando con un programa de carga homologado por la Sociedad de Clasificación “Bureau Veritas”.

para la presentación del producto se puede observar que se trata de un software con multitud de funciones destinadas al uso por parte del oficial de carga, que en ningún caso podría modificar parte del funcionamiento del programa.

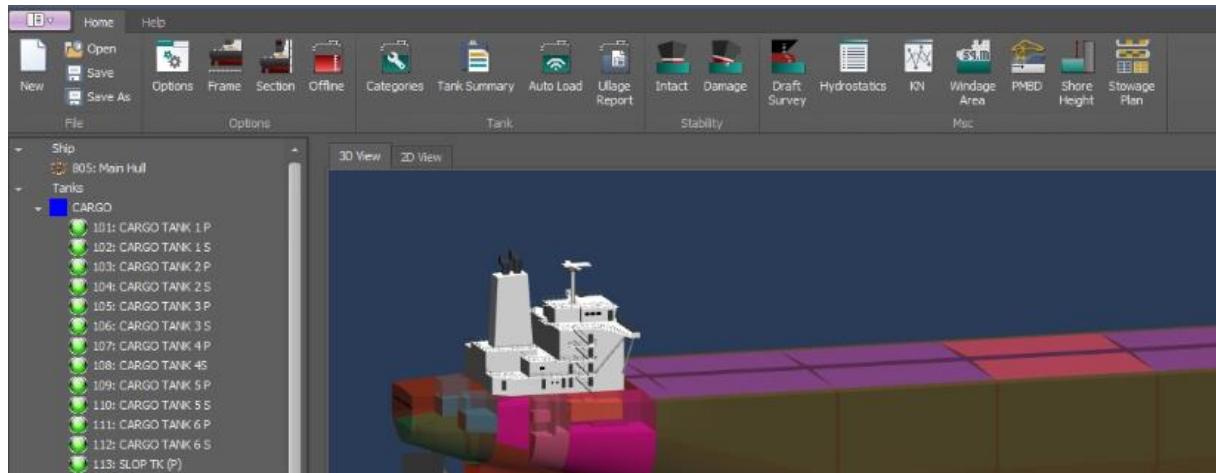


Fig. 1 Interfaz del PIC desarrollado por "Ayden Marine" (Ayden Marine, 2016)

Mediante el desarrollo de un programa de carga realizado con hojas de cálculo Microsoft Excel, se consigue una ayuda para el oficial de carga mucho más adaptable a sus necesidades, aunque no se alcance una complejidad ni un nivel de diseño gráfico tan avanzados.

Por tanto, se puede plantear el problema descrito de la siguiente forma:

1. Se parte de la existencia de programas de carga homologados y de gran precisión que tienen una fiabilidad máxima pero que tienden a ser muy personalizados y difícilmente adaptables a nuevas necesidades que puedan surgir.
2. Se quiere llegar a disponer de un programa de elaboración propia para poder ampliar funcionalidades.

Para resolver este problema se dispone de:

1. La descripción de los cálculos de carga procedentes de una fuente contrastada.

2. Conocimientos relativos a Microsoft Excel procedentes de los estudios cursados por el autor<sup>2</sup>.

A la hora de justificar el interés de este problema, se recurre al concepto de “Mejora Continua” impartido en la asignatura Sistemas Integrados de Gestión del Máster en I. Náutica y Gestión Marítima de la UC.

Según esta asignatura, los procedimientos del buque deben evolucionar a medida que se adquiere experiencia con ellos. La Mejora Continua consiste en que los procedimientos incorporen lo que se aprende cuando se aplican.

No se concibe, por tanto, ningún elemento del Sistema de gestión del buque que sea estático. Este concepto choca frontalmente con el planteamiento que hacen las sociedades de clasificación para los PIC.

El hecho de diseñar un programa propio de carga permite adaptarlo a las necesidades observadas durante situaciones reales. Se busca la implantación de una gestión en mejora continua que permita aprovechar la experiencia que se adquiere.

## **II.1.2.- Hipótesis de partida y de resultado (objetivos)**

### **II.1.2.1.- Hipótesis de partida**

1. Se asume que los programas de carga homologados (PIC) son difícilmente adaptables a nuevas necesidades que puedan surgir.
2. La Mejora Continua es una obligación para cualquier elemento del Sistema de Gestión de un buque.
3. Existen PICs que consideran una coordenada longitudinal del centro de gravedad (LCG) fija para las bodegas de carga, lo cual no se adapta siempre a la realidad en la distribución de la carga a granel, que puede ir estibada más a proa o popa de la mitad de la bodega<sup>3</sup>.
4. No existen requisitos legales ni reglamentarios que impidan al oficial de un buque realizar los cálculos de estabilidad y trimado con una herramienta informática diseñada por el mismo. Ello se contempla en las propias

---

<sup>2</sup> Asignatura “Formación Investigadora” del Máster en Ingeniería Náutica y Gestión Marítima de la UC (Sánchez Díaz de la Campa, 2018) y en la asignatura “Teoría del buque” del Grado en Náutica y Transporte Marítimo de la UPC (Castells Sanabra, 2014).

<sup>3</sup> El autor lo ha podido comprobar en su experiencia personal trabajando con un programa de carga homologado por la Sociedad de Clasificación “Bureau Veritas”.

recomendaciones de la OMI en las que se remarca que estas recomendaciones no tienen la intención de prohibir el uso de diferentes PIC<sup>4</sup>.

5. Los PIC diseñados haciendo uso de la metodología son válidos para buques de carga sólida a granel diferente del grano.

#### **II.1.2.2.- Hipótesis de resultado**

Este trabajo elabora una metodología para el diseño de programas informáticos que automaticen los cálculos de estabilidad y de trimado de buques con carga sólida a granel. Los requisitos de estos programas son:

1. Se empleará Microsoft Excel.
2. El programa deberá ser fácil de manejar y editar por usuarios con conocimientos básicos de Excel.
3. La entrada de datos deberá situarse en una zona aparte y debidamente protegida contra los valores no válidos.
4. La salida de resultados y los cálculos se podrán proteger y desproteger.
5. El programa tendrá en cuenta la variación de los LCG de las bodegas en función de la distribución de la carga.
6. El programa permitirá simular cualquier condición del buque variando los datos de pesos de la carga, lastre y otros tanques de combustible, aguas, etc.
7. El programa cumplirá con los requisitos impuestos por la IMO e IACS.

La metodología explicará cómo incorporar al programa la mayor cantidad posible de datos básicos del buque procedentes de tablas hidrostáticas y pantocarenas.

Los programas diseñados aportarán resultados coherentes con los datos aportados por el PIC homologado por la Sociedad de Clasificación. Por ello, la metodología incluirá una fase de validación previa al empleo de cada programa diseñado.

---

<sup>4</sup> Véase: IMO\_MSC Circ.891 punto 6 (IMO MSC, 2018)

## II.2.- Herramientas de resolución

En este trabajo se distingue entre sistema objeto de estudio y contexto científico o técnico. El contexto científico técnico son conocimientos procedes de las materias impartidas en el Máster en Ingeniería Náutica y Transporte Marítimo, mientras que el sistema objeto de estudio es la actividad en la que se ha decidido aplicar los mencionados conocimientos.

### II.2.1.- Descripción del sistema objeto de estudio.

El sistema objeto de estudio o realidad sobre la que se quiere intervenir es el cálculo de estabilidad y trimado de buques con carga sólida a granel. Para su obtención y comprensión se ha consultado el libro *“Teoría del buque: Flotabilidad y estabilidad”* (Olivella Puig, 1994) por ser una de las fuentes más usadas en varias escuelas náuticas para la enseñanza en este campo. También se han usado como fuente de conocimiento, apuntes del profesor José Iván Martínez García, docente de la Universidad de Cantabria (Martínez García, 2018).

#### II.2.1.1.- Herramienta: Fórmulas de Teoría del Buque

En este apartado se explicarán las fórmulas de teoría del buque empleadas en los cálculos del programa de carga desarrollado.

##### Cálculo del Asiento:

El traslado de peso produce un cambio en el centro de gravedad y un momento longitudinal que se calcula como el producto entre la fuerza (desplazamiento del buque) por el brazo (la distancia  $GG_L$ ).

Aunque se desconozca la posición del centro de gravedad  $XG$ , sí se puede saber mediante tablas hidrostáticas la del centro de carena  $XC$  y la del centro de gravedad desplazado  $XG_L$  (sumatorio de momentos longitudinales dividido por el desplazamiento). En situación de equilibrio en aguas iguales (asiento igual a cero) coinciden las coordenadas longitudinales  $XG$  y  $XC$ , lo cual es una ventaja para poder calcular el brazo  $GG_L$  por ser el mismo que  $CG_L$ .

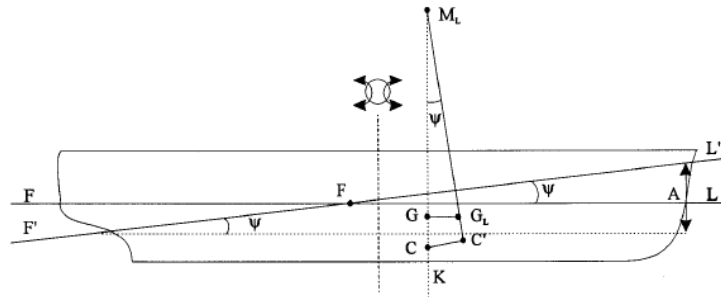


Fig. 2 Cálculo del asiento (Olivella Puig, 1994)

Por tanto, el brazo  $CG_L$  se calcula:

$$CG_L = XG_L - XC$$

El momento longitudinal se iguala al momento entre calados de proa y popa de la situación final que se calcula como el producto del momento unitario por el asiento:

$$\Delta \cdot CG_L = Mu \cdot A$$

$$A = \Delta \cdot CG_L / Mu$$

Si los datos de los que se dispone no están referenciados a la cuaderna maestra, sino a la perpendicular de popa, puede pasarse de una referencia a otra fácilmente conociendo la eslora entre perpendiculares:

$$XG = E_{pp} / 2 - LCG$$

$$XC = E_{pp} / 2 - LCB$$

De ese modo se pasa a referirse la coordenada respecto a la perpendicular media considerándose negativa hacia proa y positiva hacia popa.

#### Cálculo de calados:

Una vez hallado el asiento y conociendo el calado medio, se pueden calcular calados de proa y popa fácilmente:

$$C_{PR} = C_M - A/2$$

$$C_{PP} = C_M + A/2$$



### Cálculo de puntos indiferentes:

Los puntos indiferentes son aquellos en los que al cargar un peso en ellos no alteran el calado de la cabeza contraria. En la imagen se puede observar el efecto de cargar sobre el punto indiferente de popa, que produce una inmersión de la popa mientras que el calado de proa se mantiene igual (Martínez García, 2018).

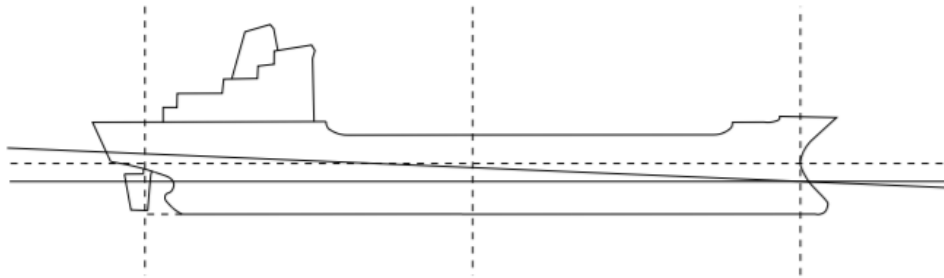


Fig. 3 Efecto al cargar sobre el punto indiferente de popa (Martínez García, 2018)

En la imagen anterior se observa que en esos casos la inmersión producida es igual a la alteración de proa o popa. En el caso de la figura anterior:

$$a_{PP} = l = P/Tcm$$

Igualándolo a la fórmula de la inmersión paralela ( $l=P/Tcm$ ) a la de la alteración la expresión queda así:

$$P/Tcm = (a_T \cdot d_{F-proa}) / E$$

La alteración total se puede hallar igualando momentos:

$$a_T \cdot Mu = P \cdot d_{Xg-XF}$$

$$a_T = P \cdot (Xg_{indif PP} - XF) / Mu$$

Sustituyendo la alteración total en la primera expresión se puede aislar el valor de la coordenada longitudinal del centro de gravedad del punto indiferente de popa:

$$(Xg_{indif PP} - XF) = (Mu \cdot E) / (d_{F-proa} \cdot Tcm)$$

$$d_{F-proa} = E/2 + XF$$

Y en el caso del punto indiferente de proa, debe considerarse el valor absoluto para permitir valores negativos como solución:

$$|(Xg_{indif\ PR} - XF)| = (Mu \cdot E) / (d_{F-popa} \cdot Tcm)$$

$$d_{F-popa} = E/2 - XF$$

#### Cálculo de Estabilidad:

El cálculo de estabilidad empieza con el valor de las coordenadas transversal (TCG) y vertical (KG o VCG) del centro de gravedad del buque calculada dividiendo el sumatorio de momentos entre el desplazamiento. A continuación, se calcula el valor de la corrección por superficies libres:

$$\text{Momento sup. Libres} = \text{inercia} \cdot \text{densidad}$$

$$\text{Corrección sup. libres} = \sum \text{Momento sup. Libres} / \text{Desplazamiento}$$

La corrección obtenida se suma a la coordenada vertical (KG) para obtener un nuevo valor corregido ( $KG_c$ ). Al restar el valor del metacentro transversal (KM) obtenido mediante tablas hidrostáticas menos el KG se obtiene la altura metacéntrica (GM). El GM debe corregirse también por superficies libres, pero en ese caso se resta debido a que hay una pérdida de estabilidad que comporta un GM más pequeño:

$$GM_c = GM - \text{corrección}_{\text{SupLib}}$$

Finalmente, se calculan los brazos adrizantes GZ para diferentes escoras con la fórmula:

$$GZ = KN - (KG_c \cdot \text{sen}\theta) - (|TCG| \cdot \text{cos}\theta)$$

El valor KN se encuentra tabulado en las tablas de pantocarenas y es la distancia utilizada para calcular el brazo adrizante GZ. A este valor se le restan dos componentes: una para tener en cuenta la distancia KG ( $KG \cdot \text{sen}\theta$ ) y otra provocada en caso de que el centro de gravedad del buque no esté centrado, sino desplazado hacia una de las dos bandas ( $TCG \cdot \text{cos}\theta$ ).

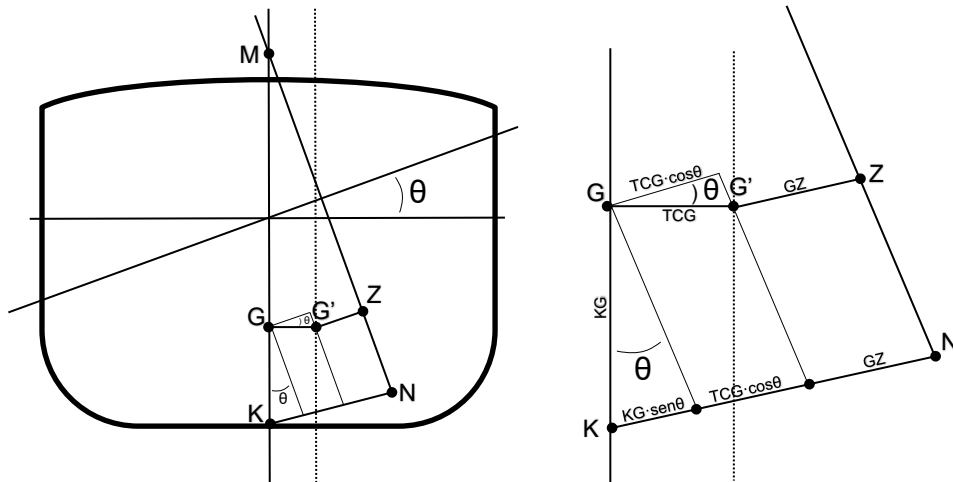


Fig. 4 Cálculo del brazo adrizante GZ (Elaboración propia)

La estabilidad dinámica se calcula de la siguiente forma:

$$Ed_{(\alpha-\beta)} = [(GZ_{\alpha} + GZ_{\beta}) / 2] \cdot (\beta - \alpha) \cdot (\pi / 180)$$

$$(360^{\circ} = 2\pi \text{ rad} \rightarrow \pi \text{ rad} = 360 / 2 = 180^{\circ})$$

Cálculo de la escora:

La escora inicial puede calcularse mediante aplicación de trigonometría básica con la siguiente fórmula:

$$\tan(\theta) = GG_T / GM$$

$$\tan(\theta) = TCG / GM$$

Como se puede observar en la siguiente imagen, existe un triángulo rectángulo con catetos que corresponden a la altura metacéntrica (GM) y a la variación del centro de gravedad ( $GG_T$ ) que corresponde con la coordenada transversal (TCG).

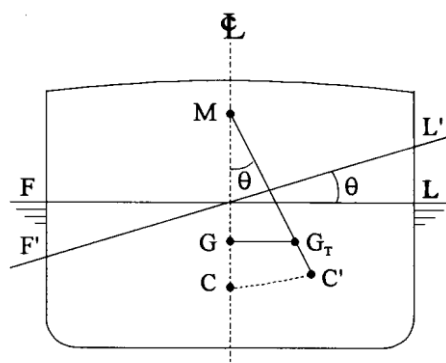


Fig. 5 Cálculo de la escora (Olivella Puig, 1994)

## II.2.2.- Descripción del Contexto científico o técnico

El contexto científico o técnico son los conocimientos del Máster en Ingeniería Náutica y Gestión Marítima que se han aplicado en este trabajo. Éstos son ciertos conocimientos sobre el uso de hojas de cálculo del programa informático “Microsoft Excel” y el uso de flujogramas para la gestión y resolución de problemas.

### II.2.2.1.- Herramienta: hojas de cálculo de Microsoft Excel

A continuación, se explica los conocimientos básicos de Excel necesarios para la realización de programas que cumplan los requisitos expresados en el apartado II.1.2.2.-Hipótesis de resultado.

Se ha decidido colocar en esta parte de la memoria los conocimientos más básicos, mientras que los más avanzados se incluyen como parte de la metodología.

La fuente de la que procede este apartado es el Centro de Ayuda de Excel (Microsoft, 2018), junto a las prácticas de la asignatura Formación Investigadora del Máster en Ingeniería Náutica y Gestión Marítima (Sánchez Díaz de la Campa, 2018).

### Funciones básicas:

#### Función SI()

Esta función está formada por tres argumentos: una condición, un resultado (valor si verdadero) en caso de que se cumpla la condición y otro resultado (valor si falso) en caso contrario. Se trata pues de una función que devuelve un resultado u otro según como sea el resultado de la operación lógica indicada.

Cabe la posibilidad de añadir otra función SI() dentro de uno de los dos argumentos del resultado si verdadero o falso. Esta operación se puede repetir de forma indefinida

creando una estructura de funciones SI() anidadas. De esa forma deben darse dos o más condiciones concretas para cada resultado.

#### Función SI.ERROR()

Otra función similar es la SI.ERROR(), que se usa para evitar los errores típicos producidos al dividir los valores de dos casillas cuando el valor por el que se divide coincide justamente con cero. Excel muestra un error al dividir por cero (#¡DIV/0!), pero con esa fórmula se puede indicar qué valor quiere mostrar el usuario cuando sucede eso.

#### Funciones Y() O()

Las funciones Y() y O() devuelven un valor verdadero o falso en función de si se cumplen o no las operaciones lógicas de sus argumentos. Si dentro de un mismo argumento de una función SI() se añaden la función Y() o la función O() con dos o más celdas como argumentos de éstas, se puede indicar que debe cumplirse la condición en las dos o más celdas indicadas si se usa la función “Y()” o, al menos, en una de ellas si se usa la función “O()”. La sintaxis es la siguiente:

**= SI (Y(celda1;celda2) = valor; argumento verdadero; argumento falso)**

**= SI (O(celda1;celda2) = valor; argumento verdadero; argumento falso)**

#### Función BUSCAR()

Esta función permite buscar un valor en una fila o columna y mostrar el valor al que le corresponde por posición en otra fila o columna. Su sintaxis es la siguiente:

**= BUSCAR(valor buscado; rango donde buscar; rango valor a mostrar)**

#### Función K.ESIMO.MENOR()

Esta función sirve para buscar valores de un rango de menor a mayor. Tiene dos argumentos: el primero para indicar el rango de valores desordenados y el segundo para indicar la posición del dato que se quiere mostrar.

## Uso de diseño y formato:

### Ver / ocultar líneas de división

Para ocultar las líneas de división entre celdas se puede actuar en la pestaña “Diseño de página” dejando en blanco la casilla “Ver” en el apartado “Opciones de la hoja - Líneas de división” o desde la pestaña “Vista” con la casilla “Líneas de cuadrícula” en el apartado “Mostrar”.

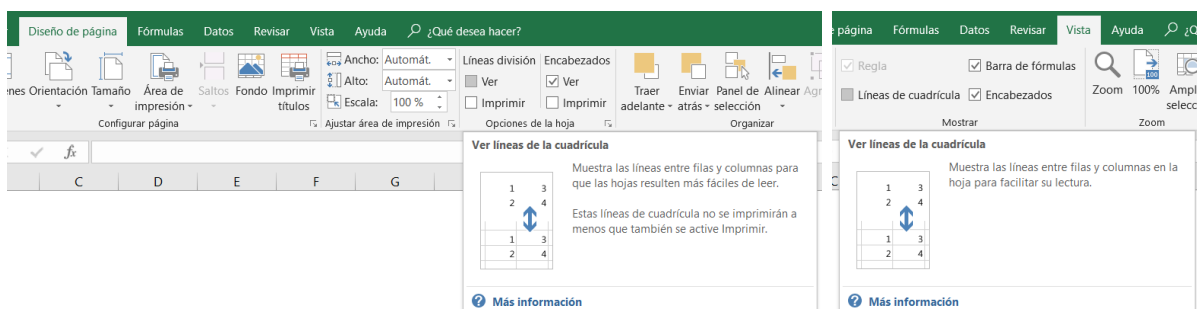


Fig. 6 Configuración de líneas de división (Elaboración propia)

### Dividir la ventana en varios paneles

Para inmovilizar unas filas o columnas concretas se usa la división de paneles. Al activar esta opción la pantalla se divide en cuatro partes mediante el cruce de dos líneas móviles, una vertical y otra horizontal.

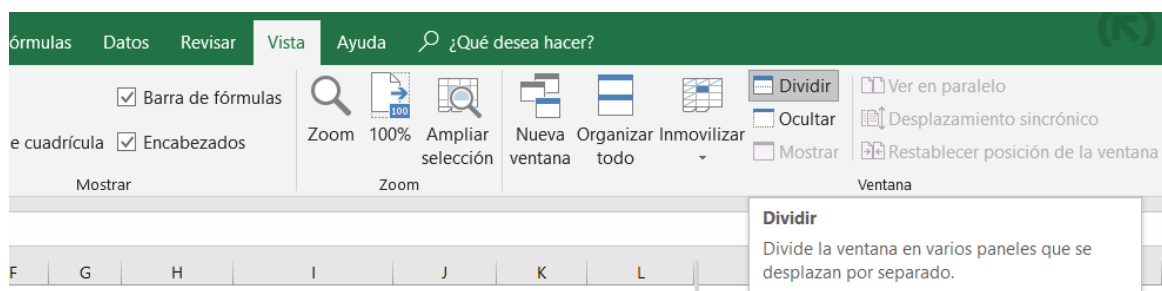


Fig. 7 Configuración para dividir ventana en paneles (Elaboración propia)

Haciendo doble clic con el botón izquierdo del ratón sobre la línea de separación vertical se anula la separación destinada a inmovilizar columnas y solo queda la línea horizontal que sirve para dejar fijas algunas filas en la presentación. Una vez movida esa línea hacia arriba hasta el nivel de separación de los encabezados se usa la

opción de inmovilizar paneles y se consigue la inmovilización de las filas superiores respecto a las inferiores.

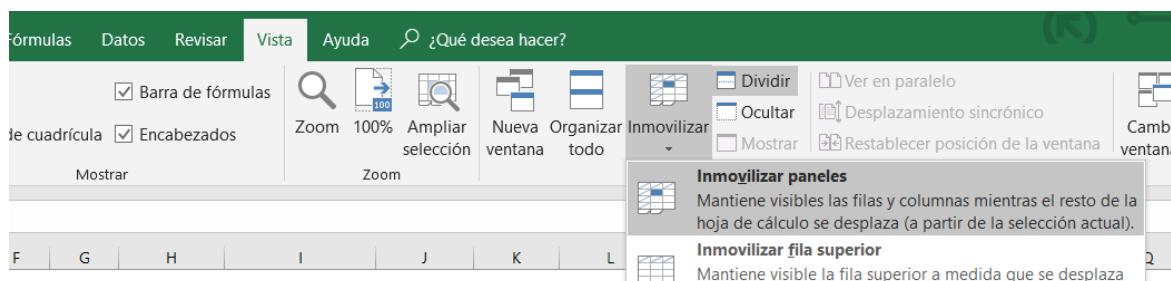


Fig. 8 Configuración para inmovilizar paneles (Elaboración propia)

#### II.2.2.2.- Herramienta: Flujogramas

Los flujogramas son una representación esquematizada que se empleó en la asignatura Sistema Integrados de Gestión del Máster en Ingeniería Náutica y Gestión Marítima de la Universidad de Cantabria, para describir gráficamente el desarrollo de las tareas de un proceso. Se trata de una representación de un proceso mediante diagramas.

Cada tarea de un proceso se representa como un rectángulo. Como excepción, la primera y última tarea se representan mediante rectángulos con las esquinas redondeadas.

Las entradas o salidas se representan mediante paralelogramos romboides. Dentro del romboide, en negrilla y subrayado, se indica el origen del que procede la entrada o el destino al que se dirige la salida. No es necesario indicar en negrilla el origen y destino cuando se producen intercambios entre tareas del mismo proceso.

Las tareas se ordenan siguiendo la secuencia en la que acontecen. Se emplean conectores para indicar la secuencia o flujo de tareas.

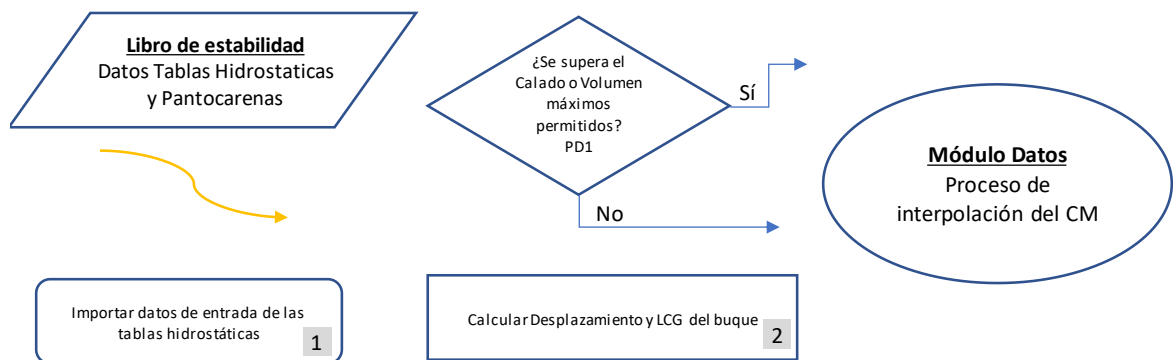


Fig. 9 Simbología empleada para la representación en flujogramas (Elaboración propia)

Las tareas de los flujogramas están interrelacionadas, no existen tareas aisladas. Siempre existirá una tarea precedente y una posterior, excepto en el caso de la primera y última tarea.

Es un error definir una tarea sin incluir un verbo de acción. “Informe” no es una tarea. Lo son su elaboración, aprobación, presentación... (Pardo Álvarez pág. 32).

Cada proceso tiene una incidencia de seguimiento que dispara el desarrollo de este. Estos eventos detonantes suelen ser la aparición de una necesidad que llega en forma de solicitud de un cliente interno o externo, una necesidad impuesta por una programación o la satisfacción de una carencia (Pardo Álvarez pág. 15). El evento detonante puede diagramarse como una entrada.

No deben utilizarse las entradas o salidas como si fueran actividades. Las entradas y salidas deben llegar a una tarea o partir de ellas y no constituir tareas en sí mismas. (Pardo Álvarez pág. 32).

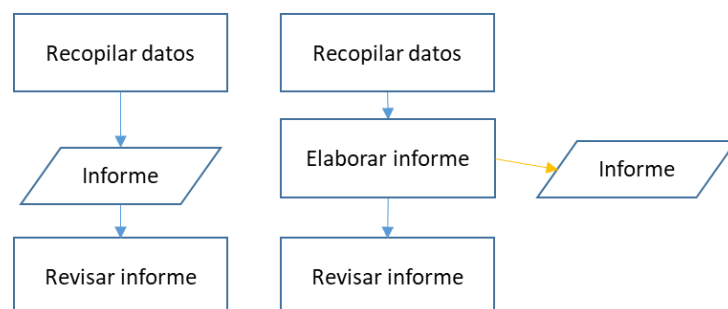


Fig. 10 Fuente: Pardo Álvarez (Pardo Álvarez)



## Subprocedimientos.

Algunas tareas de un proceso pueden disponer de un procedimiento propio. Esto ocurre con tareas complejas o con tareas que se repiten en varios procesos.

El procedimiento de la tarea se “llama” desde el procedimiento principal, dando lugar a un subprocedimiento. El subprocedimiento se ocupa de cómo se ejecuta materialmente la tarea que lo “llama”. Por ello, el flujo se va, pero vuelve, dado que simplemente se está indicando cómo se hace esa tarea.

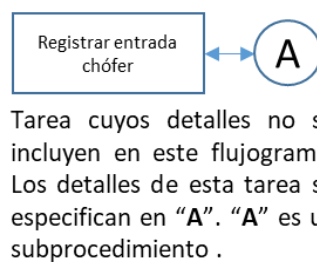


Fig. 11 Fuente: Asignatura Sistemas Integrados de gestión (Sánchez Díaz de la Campa, 2018)

## Diamante de decisión

**Diamante de decisión:** Una figura con forma de diamante que plantea una pregunta y señala, según la respuesta, una o varias secuencias alternativas. Los diamantes de decisión se emplean para diagramar la toma de decisiones.

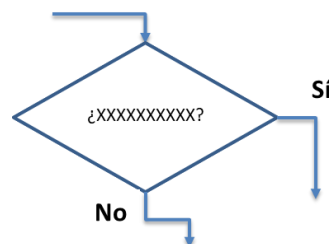


Fig. 12 Fuente: Asignatura Sistemas Integrados de gestión (Sánchez Díaz de la Campa, 2018)

**Norma<sup>5</sup>** del diamante de decisión: **criterios** objetivos para identificar la respuesta adecuada a la pregunta del diamante de decisión. Las Normas son una ayuda a la toma de decisiones.

---

<sup>5</sup> **Norma:** Precisa, medible exposición de un nivel o cantidad aceptable de una determinada característica. (Galllowsay, 2002 pág. 116)

## Cesiones de control.

En ocasiones, el flujo de actividad toma un camino que le lleva a salirse del procedimiento antes de llegar a la tarea final. Se trata de una cesión del control a otro procedimiento.

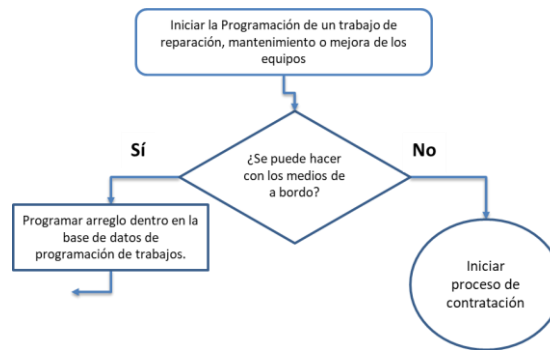


Fig. 13 Fuente: Asignatura Sistemas Integrados de gestión (Sánchez Díaz de la Campa, 2018)

El flujo se va del proceso hacia el otro proceso y no regresa. Se trata de una forma excepcional de terminar el proceso en la que no se alcanza la tarea final.

## **II.3.- Parte I de la metodología: Resolución del cálculo.**

A continuación, se diseña una metodología que permite a cualquier oficial encargado de la carga diseñar hojas de cálculo que resuelven los cálculos de carga y estabilidad de cualquier buque que transporte carga sólida a granel. Para ello, se estructura la metodología en dos partes: una primera parte en la que se muestran los cálculos que deben resolverse y, a continuación, la segunda parte en la que se enseña una serie de recursos informáticos para poder crear la hoja de cálculo de Microsoft Excel.

### **II.3.1.- Mapa de procesos**

El mapa de procesos<sup>6</sup> es una representación gráfica de las partes en las que puede dividirse el cálculo de estabilidad y trimado de buques con carga sólida a granel. Dichas partes son los procesos.

Este mapa de procesos es válido para cualquier buque de carga sólida a granel. Se trata de una descripción conceptual de los cálculos, es decir, sin detalles relativos a las características propias del buque.

El mapa de procesos muestra el orden que debe seguirse para resolver el problema. Su función es representar la secuencia que relaciona los diferentes partes que de forma conjunta conforman el problema.

El mapa de procesos del cálculo de estabilidad y trimado de buques con carga sólida a granel es el siguiente:

---

<sup>6</sup> Terminología y forma de proceder empleada en la asignatura Sistemas Integrados de Gestión del Máster en Ingeniería Náutica y Gestión Marítima (Sánchez Díaz de la Campa, 2018).

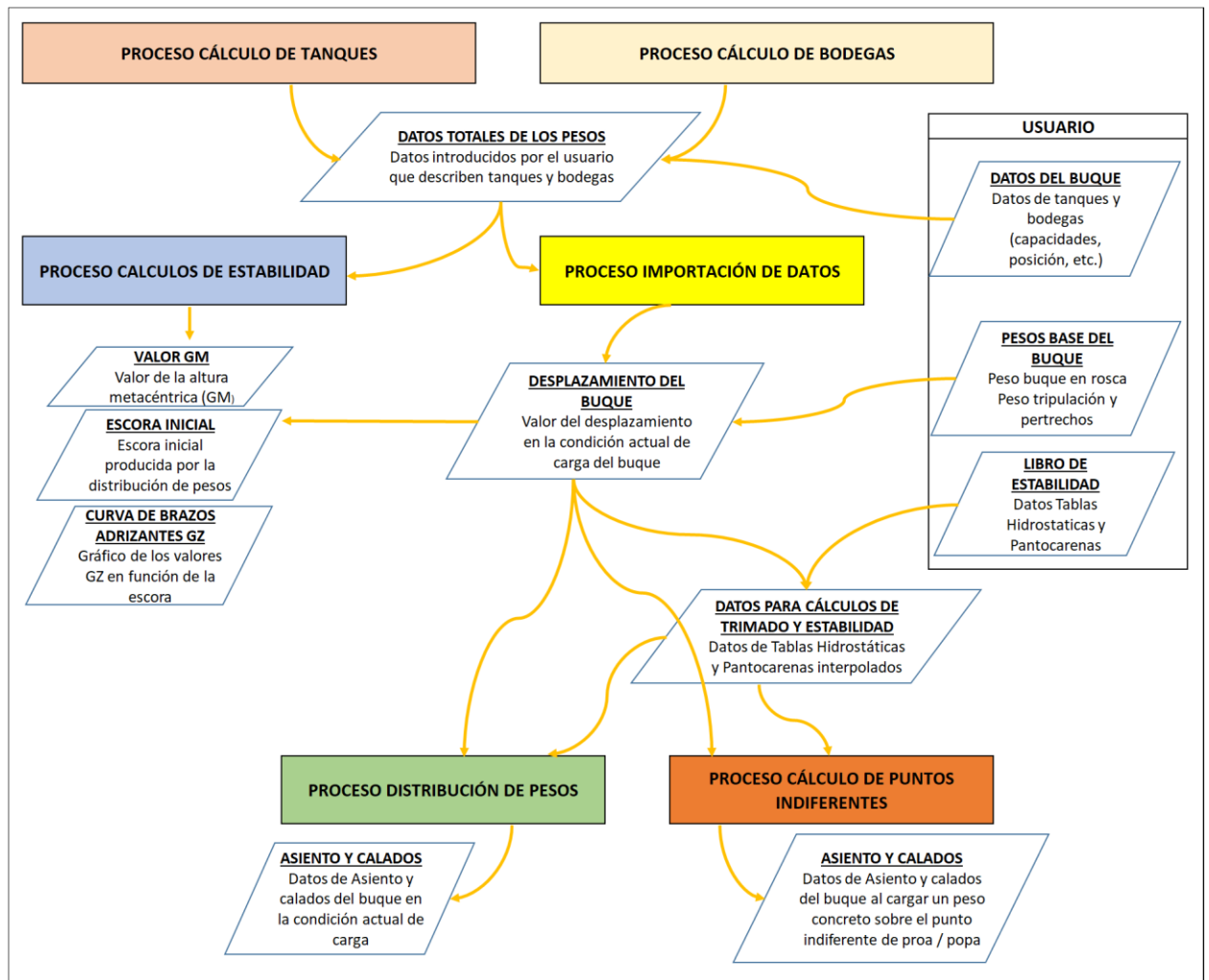


Fig. 14 Mapa de procesos del cálculo de estabilidad y trimado de buques con carga sólida a granel (Elaboración propia)

### **II.3.2.- Flujograma de cada proceso**

Cada uno de los procesos se diagrama mediante un flujograma donde se entra en detalle sobre el orden de tareas a realizar para solucionar dicha parte concreta del problema de carga. El programa de carga estará formado por los procesos que se describen a continuación.

#### **II.3.2.1.- Proceso Cálculo de Tanques**

Este proceso se encarga de describir todos los pesos que provienen de los tanques del buque ya sean de lastre, combustible, agua dulce, lodos, lubricante, etc. Básicamente se calcula cada peso, el momento longitudinal, transversal y vertical que provoca, así como el posible efecto de superficies libres provocado por no llenar o vaciar el tanque completamente.

Cada tanque o bodega representa un peso a tener en cuenta en el trimado de modo que el objetivo es saber cuál es el efecto resultante sobre el asiento y escora del buque derivada de la suma de todos los momentos producidos por los tanques y bodegas de carga, que pueden calcularse con el producto de las coordenadas longitudinales o transversales por el peso. Para ello debe conocerse el volumen ocupado en cada compartimento, así como la densidad. Otro dato a tener en cuenta es la posible existencia del efecto de superficies libres, por lo que se debe introducir el momento de inercia (en  $m^4$ ) que puede obtenerse también de los datos del buque.

Por tanto, cualquier tanque tendrá una serie de datos asociados: volumen total, densidad, coordenadas del centro de gravedad (LCG, TCG, VCG), momento de inercia de superficies libres (SPL). Sabiendo el tanto por cien de llenado, se obtiene el valor del volumen, que al multiplicarlo por la densidad da como resultado el peso (en Tm). Éste es multiplicado por cada coordenada del centro de gravedad para hallar el momento producido. Finalmente, el efecto de superficies libres se tendrá en cuenta si el tanque está entre el 5% y el 95% de llenado y se calculará multiplicando la inercia por la densidad (quedando las unidades Tm·m).

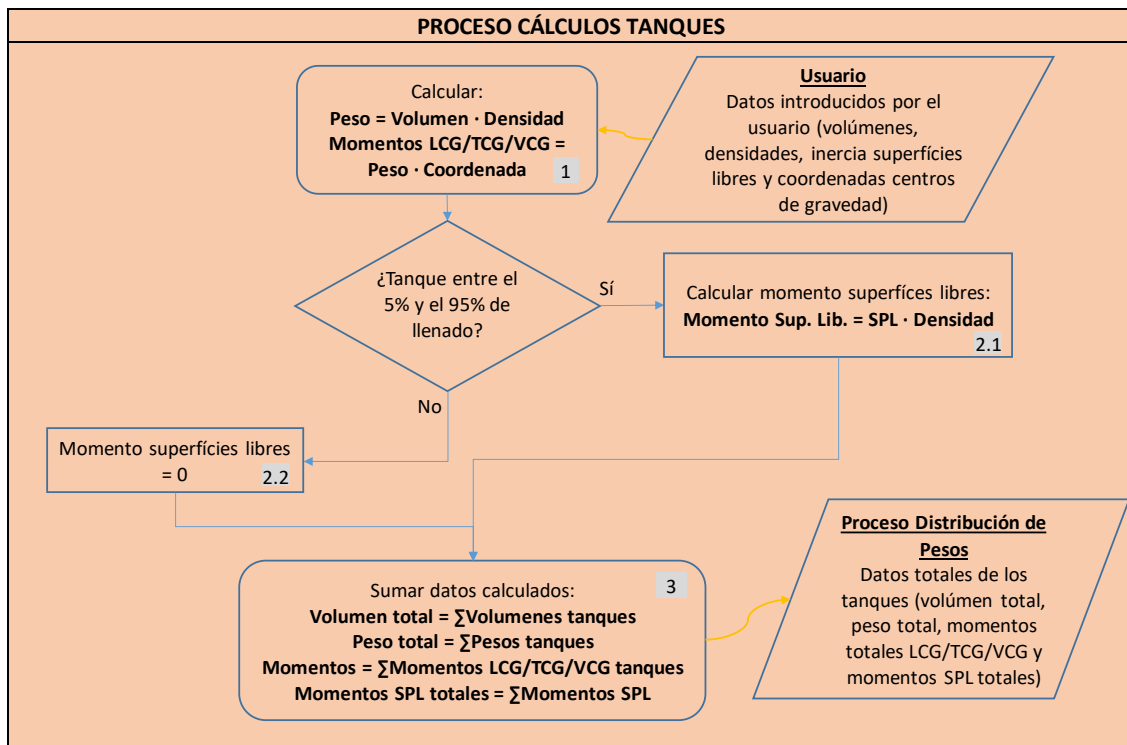


Fig. 15 Flujograma del proceso cálculos de tanques (Elaboración propia)

**Tarea 1:** Se calcula el peso del contenido del tanque multiplicando el volumen por la densidad y posteriormente los momentos longitudinal, transversal y vertical multiplicando el peso por las coordenadas del centro de gravedad del tanque correspondientes.

$$\text{Peso} = \text{Volumen} \cdot \text{Densidad}$$

$$\text{Momentos LCG/TCG/VCG} = \text{Peso} \cdot \text{Coordenada}$$

**Tarea 2.1:** Se calcula el momento de superficies libres en los tanques que no están completamente llenos o vacíos.

$$\text{Momento Sup. Lib.} = \text{SPL} \cdot \text{Densidad}$$

**Tarea 3:** Se suman todos los pesos y se calculan los momentos resultantes.

$$\text{Volumen total} = \sum \text{Volumenes tanques}$$

$$\text{Peso total} = \sum \text{Pesos tanques}$$

$$\text{Momentos} = \sum \text{Momentos LCG/TCG/VCG tanques}$$

$$\text{Momentos SPL totales} = \sum \text{Momentos SPL}$$

#### II.3.2.2.- Proceso Cálculo de Bodegas

Este proceso calcula el volumen de carga en función de las dimensiones de las bodegas, las cuales son subdivididas en cinco secciones o partes con posibles alturas de carga distintas entre sí. Cada una de ellas tendrá un peso concreto que puede conocerse mediante la conversión del volumen por factor de estiba de la carga.

La bodega se divide en varias secciones para no incurrir en el error de ubicación del LCG en estibas asimétricas proa a popa<sup>7</sup>. Para calcular el volumen se debe conocer la altura de la carga en cada sección y multiplicarla por la eslora y el puntal de sección. Deberá tenerse en cuenta que la altura de la carga no puede ser mayor que el propio puntal de la bodega porque estaríamos ante un caso de abarrotamiento de bodega. Por eso el usuario deberá aplicar un margen de seguridad sobre la altura de la carga evitando esta situación.

Finalmente se calculan los momentos producidos y el efecto por superficies libres del mismo modo que en el proceso anterior.

---

<sup>7</sup> Véase: punto 6 del apartado II.1.2.2.-Hipótesis de resultado

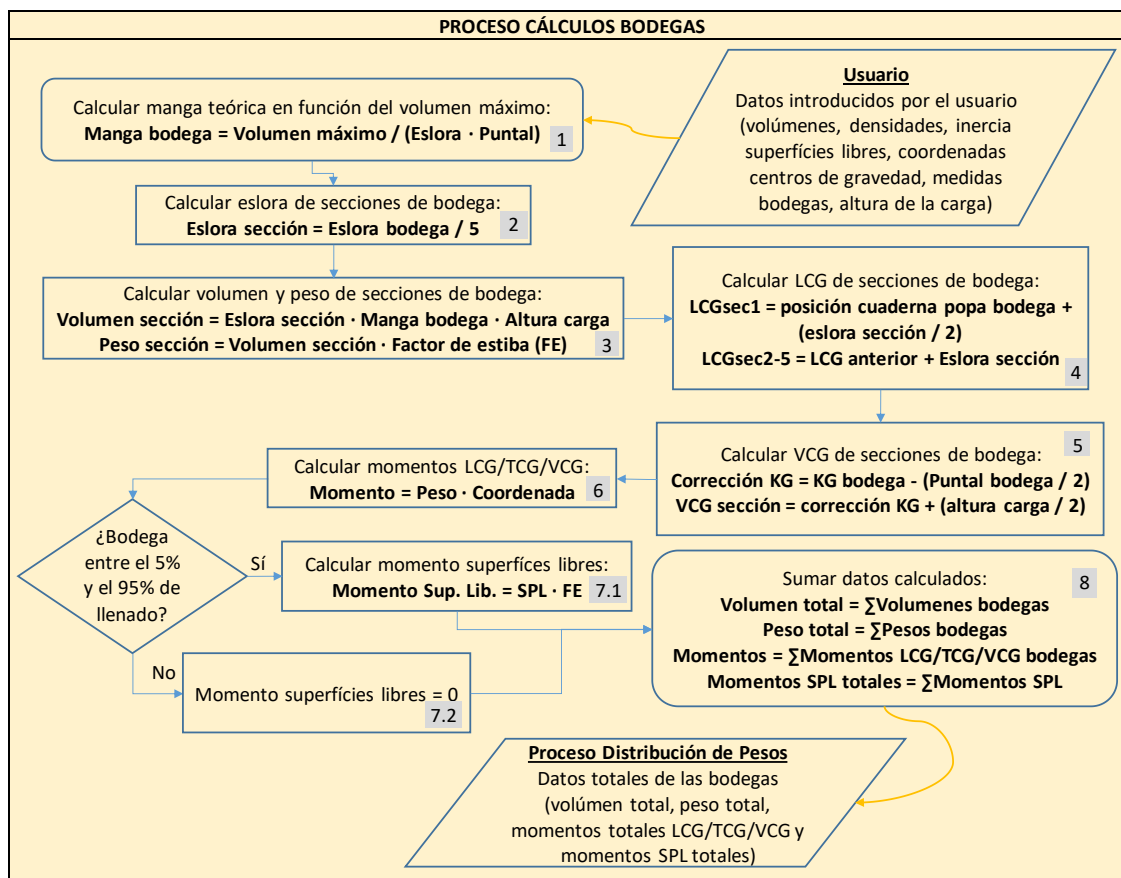


Fig. 16 Flujograma del proceso cálculos de bodegas (Elaboración propia)

**Tarea 1:** Para tener en cuenta las formas no regulares de las bodegas, que pueden no ser exactamente un ortoedro, se tendrá en cuenta el error modificando el valor de la manga total de la bodega. Para ello, se calcula la manga “teórica” como el resultado de dividir el volumen total de la bodega (obtenido en los datos del buque) entre el producto de la eslora por el puntal. De ese modo se consigue una aproximación a las medidas de la bodega considerando una manga constante en toda la eslora.

$$\text{Manga bodega} = \text{Volumen máximo} / (\text{Eslora} \cdot \text{Puntal})$$

**Tarea 2:** Para tener una precisión mayor en el cálculo de las coordenadas del centro de gravedad de la bodega, se divide cada bodega en cinco zonas o secciones iguales. Esto se hace debido a que la carga a granel puede cargarse acumulándose mayoritariamente a proa o a popa y de ese modo se podrá tener en cuenta dichas distribuciones de carga mientras que en caso contrario se usaría un LCG erróneo en los cálculos de trimado. Por tanto, se divide la eslora de la bodega en cinco partes que serán consideradas por separado.



$$\text{Eslora sección} = \text{Eslora bodega} / 5$$

Tarea 3: Se calcula el volumen y peso de la carga contenida en cada una de las partes en las que se ha dividido la bodega. Se multiplica la eslora de sección por la manga de bodega y la altura de cada sección para obtener el volumen de sección, el cual puede convertirse mediante el factor de estiba a peso en toneladas métricas.

$$\text{Volumen sección} = \text{Eslora sección} \cdot \text{Manga bodega} \cdot \text{Altura carga}$$

$$\text{Peso sección} = \text{Volumen sección} \cdot \text{Factor de estiba (FE)}$$

Tarea 4: Para hallar el LCG de cada sección de bodega, debe saberse el valor en metros de la posición de la primera cuaderna por popa de la bodega. Este valor se usará como referencia para calcular el LCG de la primera sección, que se calcula como la suma del valor anterior más la mitad de la eslora de sección. Los demás valores LCG se calculan sumando la eslora de sección al valor LCG anterior. Por tanto, se calcularán las coordenadas longitudinales del centro de gravedad de cada parte subdivida de bodega a partir de la posición de la cuaderna de popa de la bodega:

$$\text{LCGsec1} = \text{posición cuaderna popa bodega} + (\text{eslora sección} / 2)$$

$$\text{LCGsec2-5} = \text{LCG anterior} + \text{Eslora sección}$$

Tarea 5: Se calcula la coordenada vertical de cada sección de bodega en función de la altura de la carga. Para ello se usa una corrección que equivale a la distancia entre la quilla y el plan de bodega y se suma esta corrección al valor de la mitad de la altura de la carga (que es donde está ubicado el centro de gravedad), obteniendo la coordenada vertical (distancia desde la quilla hasta el centro de gravedad).

$$\text{Corrección KG} = \text{KG bodega} - (\text{Puntal bodega} / 2)$$

$$\text{VCG sección} = \text{corrección KG} + (\text{altura carga} / 2)$$

Tarea 6: Se calcula el momento longitudinal, transversal y vertical del peso de cada parte subdividida de la bodega.

$$\text{Momento} = \text{Peso} \cdot \text{Coordenada}$$

Tarea 7.1: En caso de considerarse superficies libres se calcula el momento que producen.

$$\text{Momento Sup. Lib.} = \text{SPL} \cdot \text{FE}$$

Tarea 8: Se suman todos los pesos y se calculan los momentos resultantes.

$$\text{Volumen total} = \sum \text{Volumenes bodegas}$$

$$\text{Peso total} = \sum \text{Pesos bodegas}$$

$$\text{Momentos} = \sum \text{Momentos LCG/TCG/VCG bodegas}$$

$$\text{Momentos SPL totales} = \sum \text{Momentos SPL}$$

#### II.3.2.3.- Proceso Importación de Datos

El programa necesita la aportación de datos característicos de cada viaje que conforman una condición de carga concreta. No obstante, también requiere la utilización de ciertos datos que aportan información propia del buque y, por tanto, independiente del viaje. Estos datos se recogen en las tablas hidrostáticas y pantocarenas.

Este proceso recoge los datos de las tablas hidrostáticas y pantocarenas que describen el buque y extrae aquellos datos que corresponden al desplazamiento del buque, el cual se calcula gracias a las entradas generadas por los procesos anteriores.

Uno de los datos proporcionados por las tablas hidrostáticas es el valor de la coordenada vertical del metacentro (KM). Este valor puede estar tabulado directamente o, en algunos casos, debe calcularse mediante la suma de los valores de la coordenada vertical del centro de carena (KB) y el radio metacéntrico (BM). Es importante no omitir este aspecto debido a que en caso de usarse por error el valor de KB o BM en los cálculos de estabilidad se obtendrían valores erróneos.

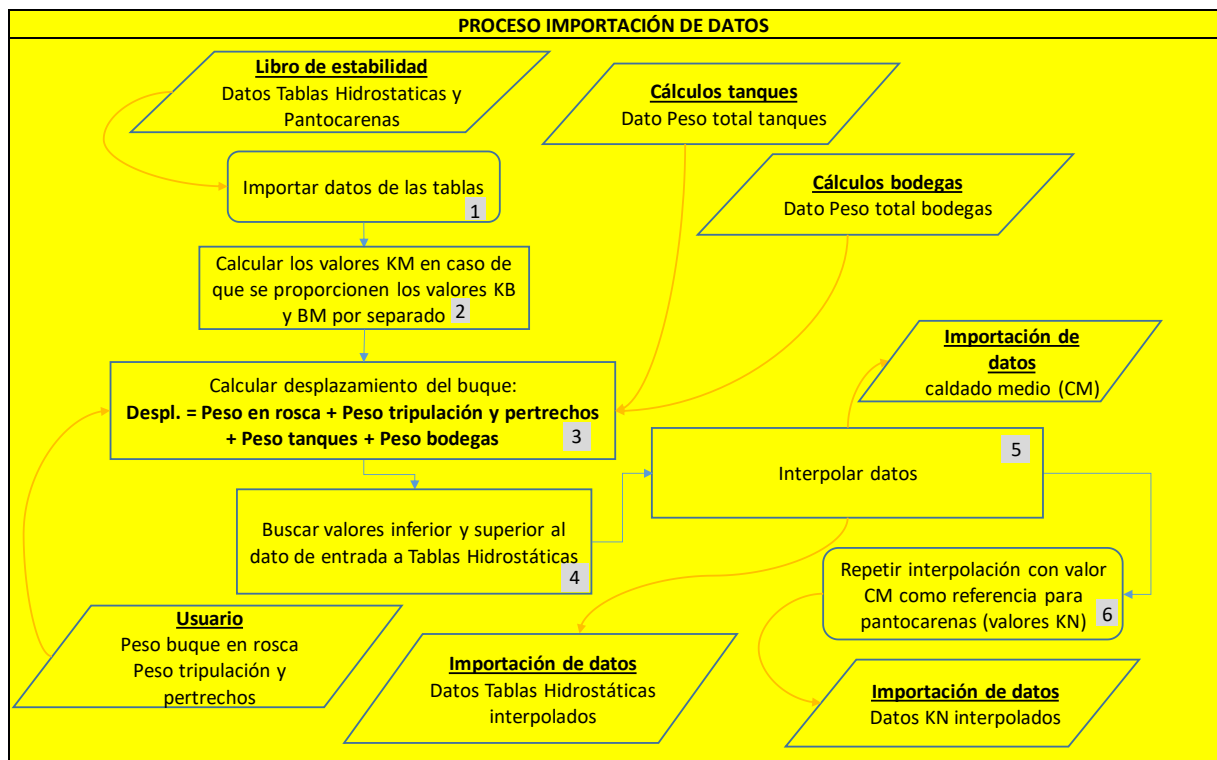


Fig. 17 Flujograma del proceso importación de datos (Elaboración propia)

Tarea 3: Se calcula el desplazamiento del buque

$$\text{Despl.} = \text{Peso en rosca} + \text{Peso tripulación y pertrechos} + \text{Peso tanques} + \text{Peso bodegas}$$

Tarea 5: se interpola el valor de cada dato de las tablas hidrostáticas en función del desplazamiento (ver II.4.5.-Buscar datos e interpolar en una tabla).

#### II.3.2.4.- Proceso de Distribución de Pesos

Este proceso, se encarga de calcular el efecto generado por la ubicación de todos los pesos que afectan al buque al estar repartidos en los diferentes tanques, bodegas y otros compartimientos.

Partiendo de los datos que aportan los procesos que describen los pesos de tanques y bodegas, se calcula la coordenada longitudinal del centro de gravedad del buque (LCG) dividiendo el sumatorio de todos los momentos longitudinales entre el valor del desplazamiento. Una vez obtenido el valor del LCG, conociendo el desplazamiento (y

por tanto el calado medio y los datos relacionados en las tablas hidrostáticas), se puede realizar el cálculo del asiento y calados del buque.

Finalmente, se debe comprobar que no se superan el calado y asiento máximos permitidos.

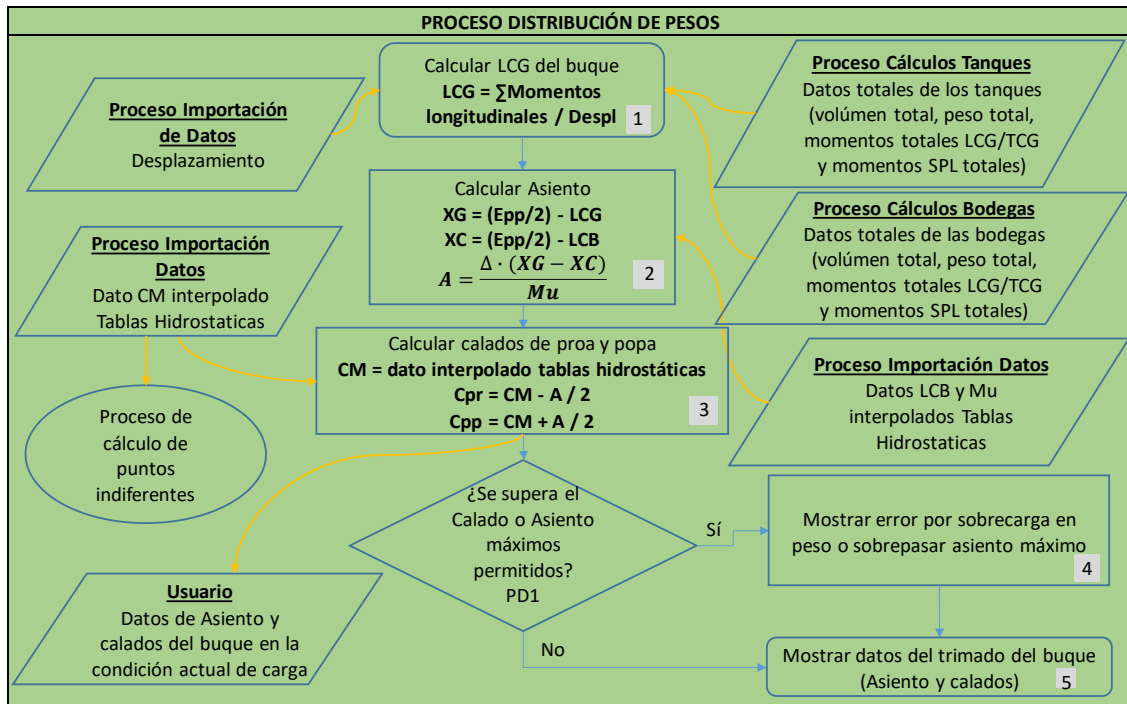


Fig. 18 Flujograma del proceso distribución de pesos (Elaboración propia)

Tarea 1: Se calcula la coordenada longitudinal del centro de gravedad del buque.

$$LCG = \frac{\sum \text{Momentos longitudinales}}{\text{Despl}}$$

Tarea 2: Se calcula el asiento. (Véase: II.2.1.1.-Herramienta: Fórmulas de Teoría del Buque)

$$XG = (Epp/2) - LCG$$

$$XC = (Epp/2) - LCB$$

$$A = \text{Despl} \cdot (XG - XC) / \mu$$

Tarea 3: Se calculan los calados medio, de proa y de popa. (Véase: II.2.1.1.-Herramienta: Fórmulas de Teoría del Buque)

$$CM = \text{dato interpolado tablas hidrostáticas}$$

$$C_{pr} = CM - A / 2$$

$$C_{pp} = CM + A / 2$$

#### II.3.2.5.- Proceso Cálculo de Puntos Indiferentes

Los puntos indiferentes permiten cargar el buque dejando una de las dos cabezas (proa o popa) sin variar su calado. Es por ello, que cobran especial importancia a la hora de poner el buque en calados para terminar la carga, pues cargando en uno de los dos puntos indiferentes se consigue minimizar el asiento hasta dejarlo en un valor concreto o hasta en aguas iguales.

Este proceso calcula los efectos sobre los calados y asiento producidos al cargar un peso sobre uno de los dos puntos indiferentes analizando las particularidades matemáticas del cálculo de cada uno de ellos.

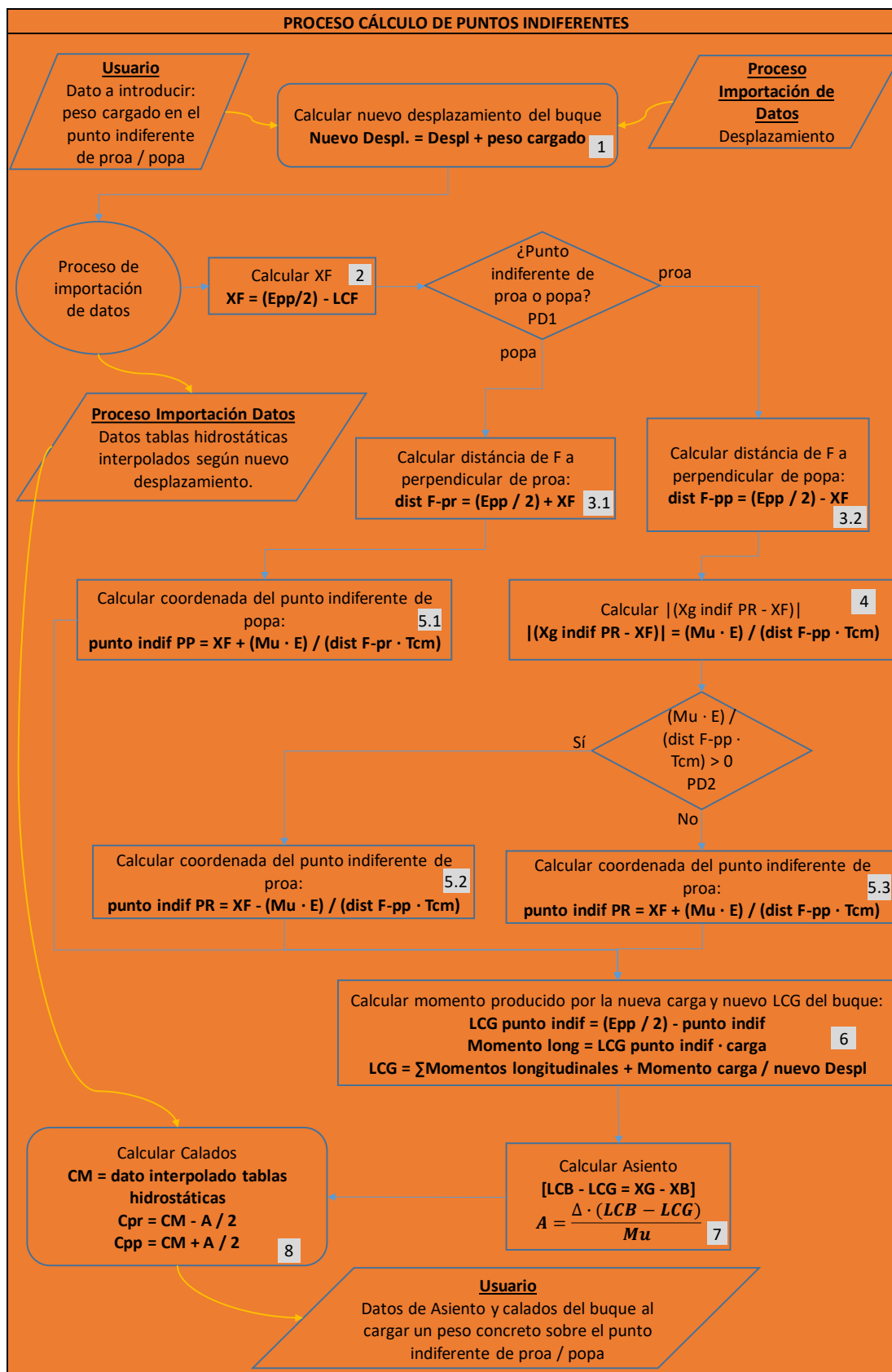


Fig. 19 Flujograma del proceso cálculo de puntos indiferentes (Elaboración propia)

Tarea 1: Se aplica el peso añadido al desplazamiento.

$$\text{Nuevo Despl.} = \text{Despl} + \text{peso cargado}$$

Tarea 2: Se calcula la posición longitudinal del centro de flotación desde la cuaderna maestra.

$$XF = (Epp/2) - LCF$$

Tarea 3.1/3.2: Se calculan las distancias desde el centro de flotación hasta las perpendiculares de proa y popa. (Véase: II.2.1.1.-Herramienta: Fórmulas de Teoría del Buque)

$$\text{dist F-pr} = (Epp / 2) + XF$$

$$\text{dist F-pp} = (Epp / 2) - XF$$

Tarea 4: Se calcula el valor de la diferencia entre coordenadas longitudinales según fórmula. (Véase: II.2.1.1.-Herramienta: Fórmulas de Teoría del Buque)

$$|(Xg \text{ indif PR} - XF)| = (Mu \cdot E) / (\text{dist F-pp} \cdot Tcm)$$

Tarea 5.1: Se calcula el punto indiferente de popa. (Véase: II.2.1.1.-Herramienta: Fórmulas de Teoría del Buque)

$$\text{punto indif PP} = XF + (Mu \cdot E) / (\text{dist F-pr} \cdot Tcm)$$

Tarea 5.2/5.3: Se calcula el punto indiferente de proa. (Véase: II.2.1.1.-Herramienta: Fórmulas de Teoría del Buque)

$$\text{punto indif PR} = XF \pm (Mu \cdot E) / (\text{dist F-pp} \cdot Tcm)$$

Tarea 6: Se calcula la nueva posición longitudinal del centro de gravedad teniendo en cuenta el momento generado.

$$LCG \text{ punto indif} = (Epp / 2) - \text{punto indif}$$

$$\text{Momento long} = LCG \text{ punto indif} \cdot \text{carga}$$

$$LCG = \sum \text{Momentos longitudinales} + \text{Momento carga} / \text{nuevo Despl}$$

Tarea 7: Se calcula el nuevo asiento adquirido. (Véase: II.2.1.1.-Herramienta: Fórmulas de Teoría del Buque)

$$A = \text{Despl} \cdot (XG - XB) / \text{Mu}$$

$$\text{LCB} - \text{LCG} = XG - XB$$

$$A = \text{Despl} \cdot (\text{LCB} - \text{LCG}) / \text{Mu}$$

Tarea 8: Se calculan los calados finales. (Véase: II.2.1.1.-Herramienta: Fórmulas de Teoría del Buque)

**CM = dato interpolado tablas hidrostáticas**

$$\text{Cpr} = \text{CM} - A / 2$$

$$\text{Cpp} = \text{CM} + A / 2$$

#### **II.3.2.6.- Proceso cálculos de estabilidad**

Por último, este proceso se encarga de hacer los cálculos de estabilidad y comparar los resultados con el cumplimiento de los criterios de estabilidad establecidos por la OMI en el Código internacional de estabilidad sin avería (Código IS) de 2008 (IMO, 2018).

La Parte A del código recoge los criterios de carácter obligatorio. En el caso de los buques de carga sólida a granel distinta al grano, dichos criterios se engloban en el capítulo segundo (Criterios generales). En el capítulo tercero (Criterios especiales para determinados tipos de buques) se establece que los criterios para buques que transporten grano a granel serán los indicados en las prescripciones del Código internacional para el transporte sin riesgo de grano a granel, adoptado mediante la resolución MSC.23(59).

Los criterios que adoptará el programa de carga a diseñar son los generales del segundo capítulo, que se aplicarán a los buques de carga y a los buques de pasaje de eslora igual o superior a 24 metros y son los siguientes:

- “El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de brazos GZ) no será inferior a 0,055 metro-radián hasta un ángulo de escora  $\phi = 30^\circ$  ni inferior a 0,09 metro-



radián hasta  $\varphi = 40^\circ$ , o hasta el ángulo de inundación descendente  $\varphi_f$ <sup>8</sup> si éste es inferior a  $40^\circ$ . Además, el área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de brazos GZ) entre los ángulos de escora de  $30^\circ$  y  $40^\circ$ , o entre  $30^\circ$  y  $\varphi_f$  si este ángulo es inferior a  $40^\circ$ , no será inferior a 0,03 metro-radián.”

- “El brazo adrizante GZ será como mínimo de 0,2 m a un ángulo de escora igual o superior a  $30^\circ$ ”
- “El brazo adrizante máximo corresponderá a un ángulo de escora no inferior a  $25^\circ$ . Si esto no es posible, podrán aplicarse, a reserva de lo que apruebe la Administración, criterios basados en un nivel de seguridad equivalente.”
- “La altura metacéntrica inicial GM0 no será inferior a 0,15 m.”

---

<sup>8</sup> “ $\varphi_f$  es el ángulo de escora al que se sumergen las aberturas del casco, superestructuras o casetas que no puedan cerrarse de modo estanco a la intemperie. Al aplicar este criterio no hará falta considerar abiertas las pequeñas aberturas por las que no pueda producirse inundación progresiva.”

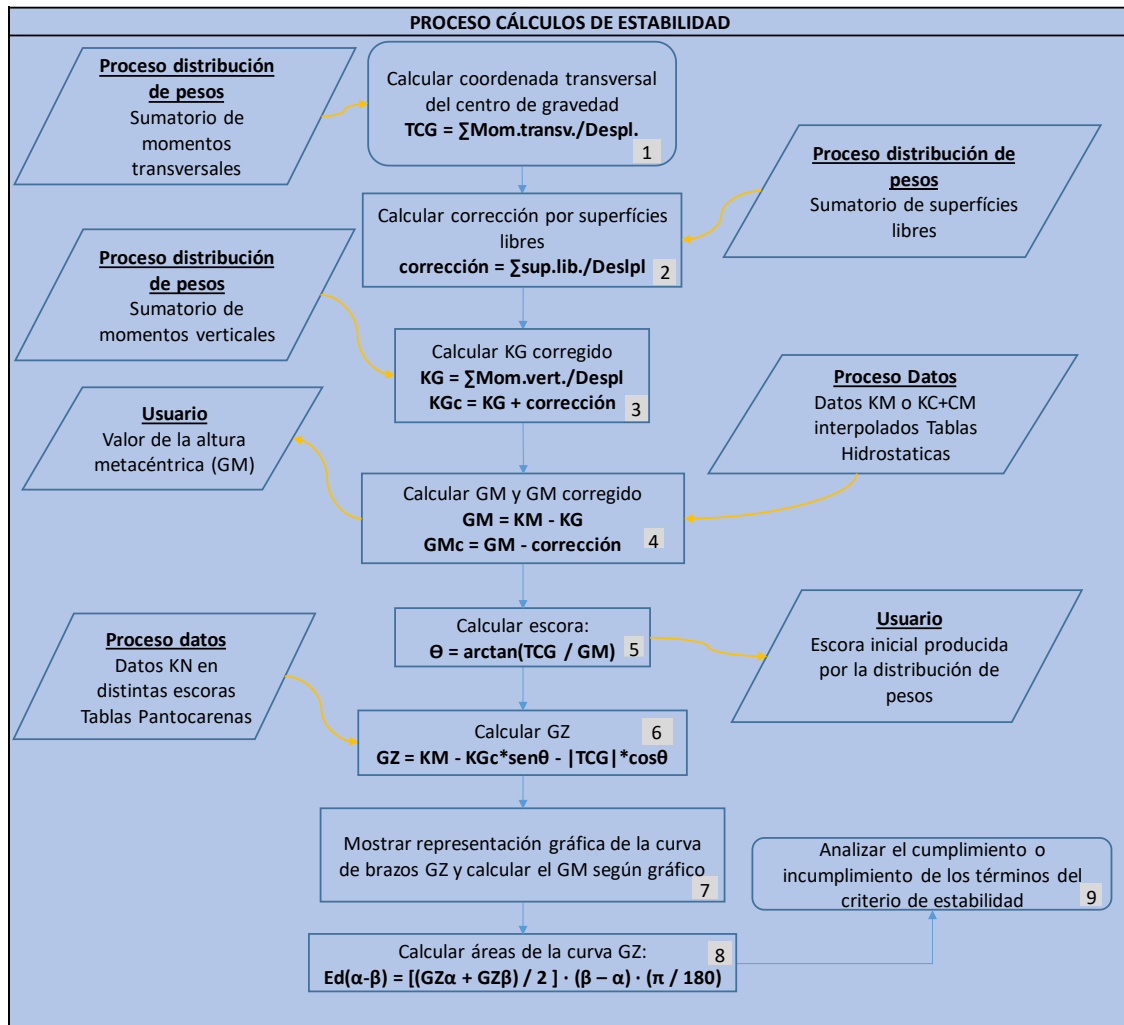


Fig. 20 Flujograma del proceso cálculos de estabilidad (Elaboración propia)

Tarea 1: Se calcula la coordenada transversal del centro de gravedad del buque.

$$TCG = \sum Mom.transv./Despl.$$

Tarea 2: Se calcula la corrección por superficies libres en tanques y bodegas. (Véase: II.2.1.1.-Herramienta: Fórmulas de Teoría del Buque)

$$corrección = \sum sup.lib./Despl$$

Tarea 3: Se calcula la coordenada vertical del centro de gravedad del buque y se aplica la corrección por superficies libres. (Véase: II.2.1.1.-Herramienta: Fórmulas de Teoría del Buque)

$$KG = \sum Mom.vert./Despl$$

$$\mathbf{KGc = KG + corrección}$$

Tarea 4: Se calcula la altura metacéntrica y se le aplica la corrección por superficies libres. (Véase: II.2.1.1.-Herramienta: Fórmulas de Teoría del Buque)

$$\mathbf{GM = KM - KG}$$

$$\mathbf{GMc = GM - corrección}$$

Tarea 5: Se calcula la escora inicial. (Véase: II.2.1.1.-Herramienta: Fórmulas de Teoría del Buque)

$$\mathbf{\Theta = arctan(TCG / GM)}$$

Tarea 6: Se calculan los brazos adrizantes GZ para diferentes escoras. (Véase: II.2.1.1.-Herramienta: Fórmulas de Teoría del Buque)

$$\mathbf{GZ = KM - KGc \cdot \text{sen}\theta - |TCG| \cdot \text{cos}\theta}$$

Tarea 8: Se calcula la estabilidad dinámica. (Véase: II.2.1.1.-Herramienta: Fórmulas de Teoría del Buque)

$$\mathbf{Ed(\alpha-\beta) = [(GZ\alpha + GZ\beta) / 2] \cdot (\beta - \alpha) \cdot (\pi / 180)}$$

### II.3.3.- Descripción de las entradas

#### II.3.3.1.- Tablas hidrostáticas y pantocarenas que describen el buque

La información necesaria para realizar los cálculos de trimado y de estabilidad se extrae de los manuales del buque con las tablas de las curvas hidrostáticas y de pantocarenas respectivamente. La primera aporta información acerca de la estructura, forma y características propias del buque, la otra lo hace sobre el valor que toma la distancia KN<sup>9</sup> a diferentes condiciones de escora.

##### Tablas hidrostáticas

Las tablas hidrostáticas tabulan varios datos que reflejan el comportamiento de la carena de un buque (volumen sumergido) para los diferentes calados. Entre ellos los que se utilizarán para el programa son los siguientes: calado medio, desplazamiento, coordenada longitudinal del centro de carena (LCB), coordenada longitudinal del centro de flotación (LCF), toneladas por centímetro (TPC), momento unitario (MTC), metacentro transversal (KM). Aunque se tabulen los datos para diferentes condiciones de asiento, para los cálculos se parte de la condición en aguas iguales, por lo que la tabla a utilizar será la de asiento igual a cero.

Carl Bro a/s - DMC			MS SPAR LYRA			DATE 2006-03-28		
NAPA/D/HYD/040506			HYDROSTATIC DATA			TIME 08:33		
P40357500/CXS4204			TRIM = 0			USER JAN		
P40357500						Page 8-5		

T	DISP	DW	LCB	VCB	LCF	KMT	MCT	TPC	CB	WLA	WSA
m	t	t	m	m	m	m	t/cm	t/cm		m2	m2
2.50	11203	159	101.38	1.29	100.70	33.47	493.3	48.0	0.734	4681	5164
2.60	11683	639	101.35	1.34	100.66	32.35	497.1	48.1	0.736	4696	5207
2.70	12165	1121	101.32	1.39	100.62	31.32	500.8	48.3	0.738	4710	5250
2.80	12649	1605	101.29	1.44	100.57	30.36	504.4	48.4	0.740	4724	5293
2.90	13134	2090	101.26	1.49	100.53	29.48	508.0	48.6	0.742	4738	5336
3.00	13620	2576	101.24	1.55	100.49	28.65	511.6	48.7	0.744	4751	5379
3.10	14108	3064	101.21	1.60	100.45	27.88	514.9	48.8	0.746	4764	5422
3.20	14597	3553	101.18	1.65	100.41	27.16	518.2	48.9	0.748	4776	5464

Fig. 21 Tablas hidrostáticas del buque SPAR SCOPIO (Spar Shipping AS, 2018)

<sup>9</sup> Véase: II.2.1.1.-Herramienta: Fórmulas de Teoría del Buque

## Tablas pantocarenas

Estas tablas establecen el valor de la distancia KN en función del calado y la escora. Ese dato se usa en el cálculo de estabilidad para hallar los brazos adrizantes (brazos GZ) y por consiguiente disponer de los datos para la construcción del gráfico de brazos adrizantes GZ. Como en el caso anterior, también se usará la tabulación considerando asiento igual a cero.

Carl Bro a/s - DMC  
NAPA/D/STAB/040506  
P40357500/CXS4204  
P40357500

DIAMOND 53  
STABILITY MS DATA  
TRIM = 0

DATE 2006-03-28  
TIME 09:05  
USER HND  
Page 9-3

RESIDUARY STABILITY LEVER MS AS A FUNCTION OF DRAUGHT AND HEELING ANGLE  
INITIAL TRIM: 0.00 M UNIT: m

INITIAL	HEELING ANGLE (DEGREES)								
DRAUGHT	5.0	10.0	12.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	75.0
2.50	-0.006	-0.144	-0.410	-2.612	-6.353	-10.352	-14.198	-17.492	-21.331
2.60	-0.004	-0.109	-0.325	-2.340	-5.864	-9.663	-13.319	-16.470	-20.216
2.70	-0.003	-0.084	-0.256	-2.095	-5.416	-9.024	-12.511	-15.519	-19.187
2.80	-0.002	-0.064	-0.198	-1.874	-5.006	-8.435	-11.763	-14.639	-18.237
2.90	-0.001	-0.048	-0.152	-1.674	-4.628	-7.891	-11.068	-13.824	-17.357

Fig. 22 Tablas pantocarenas del buque SPAR SCOPIO (Spar Shipping AS, 2018)

### II.3.3.2.- Opciones de configuración a disposición del usuario

El programa de carga que se diseñará contiene algunas opciones que pueden ser configuradas a voluntad por el usuario para ajustar ciertos parámetros a las características del buque o del plan de carga.

**Elegir entre KM y (KB + BM):** En la información proporcionada por el astillero de construcción puede haberse usado en la tabulación el valor directo KM o los valores KB y BM por separado, la suma de los cuales proporciona el dato KM necesario para el cálculo del GM en la estabilidad del buque. Este aspecto afecta al proceso de importación de datos<sup>10</sup>.

**Margen de seguridad de altura de la carga:** Al cargar el buque, en ocasiones debe dejarse un espacio vacío de seguridad en la parte superior ya sea porque lo requiere las características de la carga o la estiba, por ejemplo, para impedir que la carga pueda tapar las salidas de las líneas de inundación de CO2 a bodega o las rejillas de

<sup>10</sup> Véase: II.3.2.3.-Proceso Importación de Datos

ventilación. Por tanto, el proceso de cálculos de bodegas<sup>11</sup> debe incluir este límite a la hora de introducir las alturas de la carga.

**Asiento y calado máximos permitidos:** como medida de seguridad, durante la operativa de carga o descarga deben fijarse unos valores de asiento y calado máximos que no deben superarse. Estos límites se comprueban en el proceso de distribución de pesos<sup>12</sup>.

---

<sup>11</sup> Véase: *II.3.2.2.-Proceso Cálculo de Bodegas*

<sup>12</sup> Véase: *II.3.2.4.-Proceso de Distribución de Pesos*

### II.3.3.3.- Datos que describen la condición de carga en cada viaje

En este apartado se muestra una descripción de las entradas de datos que describen la condición de carga en cada viaje. Dichas entradas han sido tratadas en los procesos descritos anteriormente<sup>13</sup>, de modo que lo que se presenta a continuación es una tabla que sintetiza esta información.

ENTRADA	DESCRIPCIÓN	SALIDA GENERADA
Nivel de llenado (%) o Volumen del tanque (m <sup>3</sup> )	Entrada con valores aportados por el usuario que definen el nivel de llenado del tanque.	Volumen del tanque (m <sup>3</sup> ) o Nivel de llenado (%)
Volumen total (m <sup>3</sup> )	Capacidad máxima del tanque en volumen.	
Volumen del tanque (m <sup>3</sup> )	Valor del contenido actual del tanque en volumen.	Peso del tanque (Tm)
Densidad (Tm / m <sup>3</sup> )	Densidad del contenido del tanque.	
Peso del tanque (Tm)	Valor del peso del tanque.	Momentos LCG, TCG y VCG del tanque (Tm · m)
Coordenadas del centro de gravedad (m)	Coordenada longitudinal (LCG), transversal (TCG) y vertical (VCG) del centro de gravedad del tanque respecto a la ubicación en el buque.	

<sup>13</sup> Véase: II.3.2.1.-Proceso Cálculo de Tanques y II.3.2.2.-Proceso Cálculo de Bodegas

ENTRADA	DESCRIPCIÓN	SALIDA GENERADA
Inercia de superficies libres ( $m^4$ )	Inercia del tanque por el efecto de superficies libres.	Momento de superficies libres ( $Tm \cdot m$ )
Densidad ( $Tm / m^3$ )	Densidad del contenido del tanque.	
Altura de la carga de la sección de bodega (m)	Altura de la pila de carga estibada en la parte o sección de bodega.	Volumen de la carga ( $m^3$ )
Eslora (m) y manga (m) de la sección de bodega	Eslora y manga de la parte o sección de bodega.	
Volumen de la carga ( $m^3$ )	Espacio en volumen ocupado por la carga.	Peso de la carga ( $Tm$ )
Factor de estiba ( $Tm / m^3$ )	Factor de estiba que establece la relación entre peso y cubicaje de la carga.	

#### II.3.4.- Salidas generadas y su tratamiento

##### II.3.4.1.- Salidas

Las salidas generadas por los procesos son los datos que ofrece el programa al usuario obtenidos tras el seguimiento de los flujogramas anteriormente descritos. Se han agrupado según su relación y se exponen en la siguiente tabla.



SALIDA	DESCRIPCIÓN	RELACIÓN
<b>Datos totales de los tanques</b>	volúmen total ( $m^3$ ), peso total (Tm), momentos totales LCG/TCG/VCG ( $Tm \cdot m$ ) y momentos SPL totales ( $Tm \cdot m$ )	Datos que describen todos los pesos distribuidos por el buque
<b>Datos totales de las bodegas</b>	volúmen total ( $m^3$ ), peso total (Tm), momentos totales LCG/TCG ( $Tm \cdot m$ ) y momentos SPL totales ( $Tm \cdot m$ )	
<b>Datos Tablas Hidrostáticas interpolados</b>	Calado medio (m), desplazamiento (Tm), LCB y LCF (m), toneladas por centímetro de inmersión ( $Tm/cm$ ), Momento unitario ( $Tm \cdot m/cm$ ), KM o (KB y BM) (m).	Datos obtenidos por interpolación de tablas hidrostáticas y pantocarenas
<b>Datos KN interpolados</b>	Valores de KN para diferentes ángulos de escora (m)	
<b>Asiento y calados del buque en la condición de carga</b>	Asiento y calados del buque en una condición concreta de carga (m)	Datos relativos al trimado del buque en una condición concreta de carga
<b>Asiento y calados del buque al cargar sobre un punto indiferente</b>	Asiento y calados del buque al cargar un peso concreto sobre el punto indiferente de proa / popa (m)	
<b>Altura metacéntrica (GM)</b>	Distancia entre la coordenada vertical del centro de gravedad y el metacentro (m)	Datos de los cálculos de estabilidad transversal inicial
<b>Escora inicial producida por la distribución de pesos</b>	Valor de la escora inicial del buque ( $^{\circ}$ )	

Además de las salidas anteriores, hay otra que cobra especial importancia debido a que aporta información muy clara sobre la estabilidad del buque de una forma muy visual. Se trata del **gráfico de brazos adrizantes GZ**, que es la representación de la capacidad del buque para volver a la posición inicial al producirse una escora debido a un factor externo.

Se representa con los datos del brazo adrizante en el eje vertical y la escora en el horizontal. A la vista de la gráfica se puede observar rápidamente:

- si hay una escora permanente provocada por una distribución asimétrica de pesos (caso en el que empieza la curva con valores negativos y cruza el eje horizontal),
- si se compromete la estabilidad del buque (caso en el que la curva presenta una forma muy achatada y cercana al eje horizontal),
- cuál es el valor aproximado de la altura metacéntrica transversal GM (que corresponde al valor de GZ para un ángulo de escora igual a un radian),
- cuál es el valor del ángulo límite de estabilidad (punto del eje horizontal en el que la curva cruza pasando de GZ positivo a negativo)

#### **II.3.4.2.- Condiciones válidas y no válidas**

El programa debe presentar una zona donde se configuran los valores propios de cada buque (al margen de las tablas hidrostáticas y pantocarenas), tales como el límite en volumen, peso, asiento y calado máximo; así como las condiciones de estabilidad. Esta zona de entrada de datos se cumplimentará cada vez que el programa se adapte a un nuevo buque y permite adaptar el programa a las características propias del buque o de la estiba de la carga.

Exceso en volumen o peso: Debe tenerse en cuenta el volumen y peso máximos que pueden albergar las bodegas. Para ello el programa deberá calcular el peso de cada bodega mostrándolo de forma visible. Además, deberá impedir que el usuario pueda plantear una carga que cubique por encima de la capacidad máxima de la bodega en volumen.

Exceso en calados o asiento: Durante las operativas de carga, se establece un valor máximo de calado y asiento que no deben ser superados. El usuario indicará cuál es el calado máximo en el puerto más restrictivo (donde habrá menor sonda), así como un valor máximo de asiento. A modo de ejemplo, esta función puede ser útiles en

buques con escotillas de tipo “Folding” en las que un asiento demasiado alto podría hacer caer las tapas de escotilla.

Condiciones de estabilidad: En todo momento debe cumplirse con los requisitos mínimos del criterio de estabilidad establecido por el “Código internacional de estabilidad sin avería”<sup>14</sup> de 2008 (IMO, 2018):

<p>Área 0-30° &gt; 55 mm x rad</p> <p>Área 0-40° &gt; 90 mm x rad (si <math>\phi_f &lt; 40^\circ</math>, entonces Área 0-<math>\phi_f</math> &gt; 90 mm x rad)</p> <p>Área 30-40° &gt; 30 mm x rad (si <math>\phi_f &lt; 40^\circ</math>, entonces Área 30-<math>\phi_f</math> &gt; 30 mm x rad)</p>	<p>Áreas bajo la curva de brazos adrizantes GZ consideradas entre dos escoras concretas.</p>
<p><math>GZ_{30^\circ} &gt; 200 \text{ mm}</math></p>	<p>Brazo adrizante correspondiente a una escora de 30 grados.</p>
<p><math>GZ_{MAX} &gt; GZ_{25^\circ}</math></p>	<p>Brazo adrizante máximo.</p>
<p><math>GM_c &gt; 0,15\text{m}</math></p>	<p>Altura metacéntrica transversal corregida por efecto de superficies libres.</p>

### II.3.5.- Descripción de gráficos

Gráficos representativos del estado de carga: Representar el nivel de llenado de los tanques de lastre y bodegas de carga puede ayudar visualmente a controlar las situaciones que puedan surgir durante la carga del buque. Estos gráficos consisten en representar la distribución de los principales pesos que más afectan al buque, que son el peso del lastre y el de la carga. Para ello, se crean dos gráficos distintos: el primero representa el llenado de tanques de lastre mediante un plano horizontal y el segundo indica la distribución de la carga con un plano longitudinal que incluye los valores de las alturas de las cinco partes en las que se ha dividido cada bodega.

<sup>14</sup> Véase: II.3.2.6.-Proceso cálculos de estabilidad

Curva de brazos GZ: La curva de brazos adrizantes GZ muestra una representación de la condición de estabilidad del buque y ayuda a analizar situaciones críticas que pueden darse, por ejemplo, en operativas de descarga del buque o entrada a dique seco entre otras. Este gráfico representa una salida muy importante del programa de carga a diseñar<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup> Véase: II.3.4.1.-Salidas

## II.4.- Parte II de la metodología: Recursos informáticos

En esta parte de la metodología se mostrarán los recursos informáticos asociados al uso del programa de Microsoft Excel para poder diseñar la hoja que contenga el programa informático de carga.

### II.4.1.- Distribución de cálculos en distintas hojas

En primer lugar, se hará una distribución de los cálculos en diferentes hojas del mismo archivo o libro de Microsoft Excel. De esa forma, el usuario podrá diferenciar claramente los cálculos que realiza el programa con una interfaz más intuitiva y organizada. Mediante este sistema de división en diferentes hojas, se aplican las recomendaciones de la OMI, que establecen que el programa debe tener un acceso rápido hacia una ventana principal familiar para el usuario<sup>16</sup>.

Las hojas en las que se dividirá el archivo tendrán un nombre asignado que resuma la temática a la que están asignadas. A continuación, se hace una descripción de cada una de ellas:

Hoja “INICIO”: incluye los datos de las características del buque y la opción de configuración a disposición del usuario del margen de seguridad de altura de la carga. Además, ejecuta los procesos de distribución de pesos y cálculo de puntos indiferentes, mostrando los valores de calados y asiento en cada caso.

Hoja “LASTRE”: contiene tablas que agrupan los tanques de lastre según su ubicación y calculan su peso y momentos producidos. Incluye un cuadro resumen con los valores totales de los pesos del lastre.

Hoja “TANQUES”: contiene tablas que agrupan los tanques de servicios del buque según su contenido y calculan su peso y momentos producidos. Incluye un cuadro resumen con los valores totales de los pesos de estos tanques. El proceso de cálculo de tanques se ejecuta conjuntamente entre esta hoja y la anterior (hoja “LASTRE”).

Hoja “BODEGAS”: contiene cuadros con la información relativa a las bodegas y la carga. Ejecuta el proceso de cálculo de bodegas realizando la subdivisión de cada bodega en cinco secciones y calculando los pesos y momentos totales en otro cuadro resumen.

---

<sup>16</sup> Véase: IMO\_MSC Circ.854 apartado 3.1 (IMO MSC, 2018)

Hoja “GRAFICO”: incluye tres gráficos que representan el nivel de llenado de tanques y bodegas (mediante dos gráficos de plano horizontal) y la distribución de la carga en las bodegas y la línea de flotación (con un gráfico de plano longitudinal).

Hoja “ESTABILIDAD”: en ella se ejecuta el proceso de cálculos de estabilidad y se obtiene la gráfica de brazos adrizantes GZ.

Hoja “TABLAS”: esta hoja ejecuta el proceso de importación de datos necesario para configurar el programa a la hora de adaptarlo a un nuevo buque.

#### II.4.2.- Importación a Excel de las tablas que describen el buque

Este recurso permite realizar la primera tarea del proceso de importación de datos<sup>17</sup> que se efectúa únicamente cuando se configura el programa para adaptarlo a un buque distinto.

Las tablas que deben ser importadas<sup>18</sup> se encuentran en un archivo externo a la hoja de cálculo, de modo que no pueden copiarse de forma tradicional. Para ello se usa la funcionalidad de Excel que permite importar datos desde otros archivos.

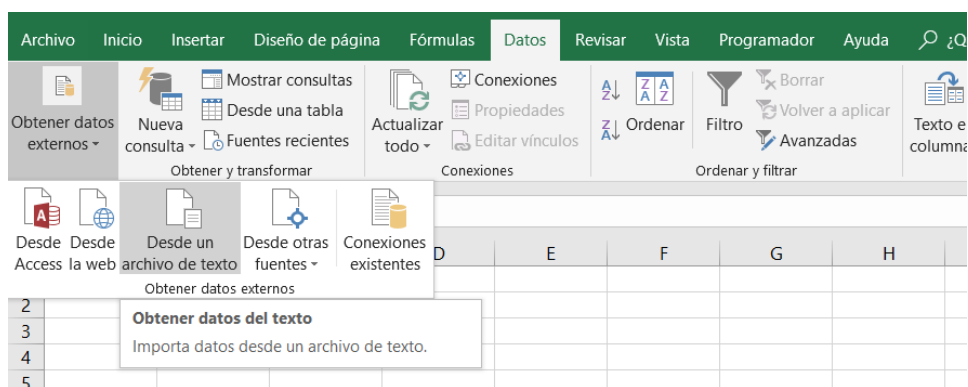


Fig. 23 Importación de datos externos en Excel (Elaboración propia)

#### II.4.3.- Uso de tablas, referencias estructuradas, botón formulario y fila de totales

Para realizar los cálculos asociados a distribuciones de pesos y superficies libres de tanques se usan las tablas de Excel que, gracias a sus características, facilitan tanto la ejecución de cálculos como la introducción de datos. Para insertar una tabla, deben seleccionarse los datos de las entradas y luego usar el comando “Tabla” ubicado en

<sup>17</sup> Véase: II.3.2.3.-Proceso Importación de Datos

<sup>18</sup> Véase: II.3.3.1.-Tablas hidrostáticas y pantocarenas que describen el buque

la pestaña “Insertar” de la cinta de opciones. Deberá especificarse si la primera fila contiene los encabezados para que no sean considerados también como datos.

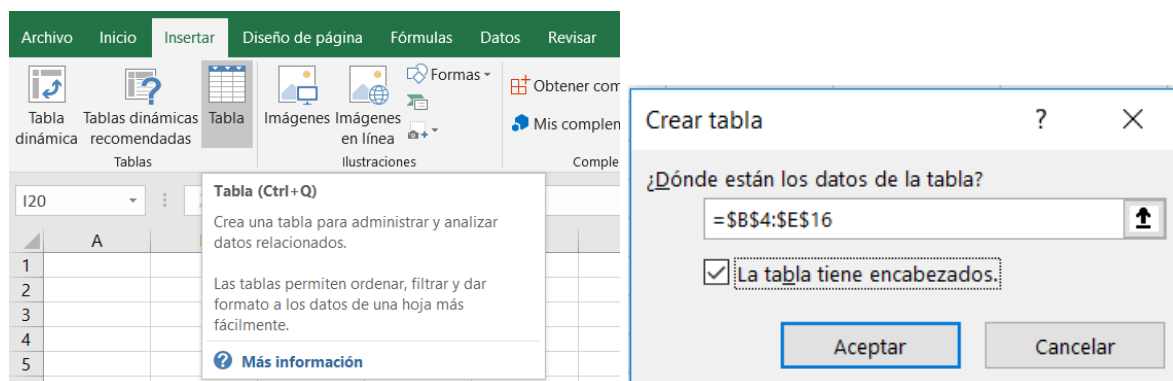


Fig. 24 Creación de tablas en Excel (Elaboración propia)

Una de las ventajas que aporta el uso de tablas es que al introducir una fórmula en uno de los campos (columnas de la tabla), se aplica para todos los registros (cada una de las filas de la tabla) sin tener que copiar las fórmulas cada vez que se añade un registro nuevo (en este caso un nuevo tanque o bodega).

Las tablas permiten activar la visualización de la “fila de totales”, que calcula los valores totales de cada columna pudiendo escoger varias opciones de cálculo. Los más destacados son los siguientes:

- Suma: realiza el sumatorio de los valores.
- Promedio: realiza la media aritmética de los valores.

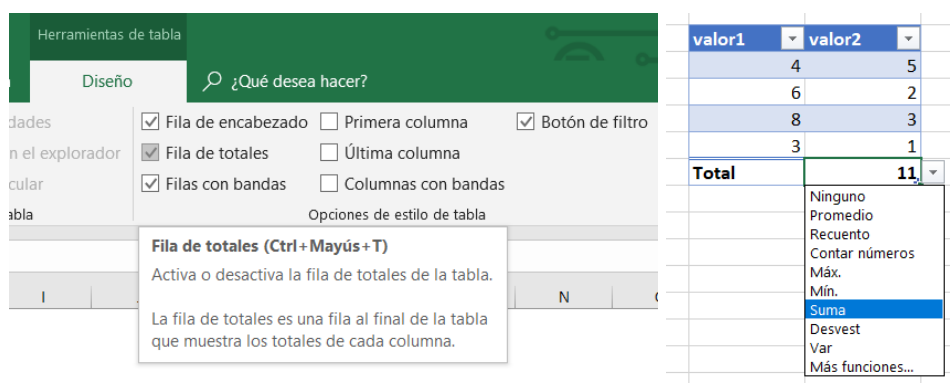


Fig. 25 Activación y uso de la fila de totales (Elaboración propia)

Al crear una nueva tabla, Excel identifica cada campo o columna con un nombre que de forma predefinida corresponde al del encabezado. De esa forma se pueden usar “referencias estructuradas”, mediante las cuales se hace referencia a los valores que corresponden a un elemento de la tabla, como puede ser el de la fila de totales. Así pues, en cualquier fórmula de otra parte de la hoja se puede mostrar el valor de la fila de totales de un campo mediante una referencia estructurada. A modo de ejemplo, el siguiente código añadido en cualquier celda de una hoja daría como resultado el valor de la fila de totales de la columna “Peso” en la “Tabla1”:

**= Tabla1[[#Totales];[Peso]]**

Otra funcionalidad de las tablas en Excel es el uso del botón formulario, que permite añadir o modificar los registros de la tabla de una forma muy visual e intuitiva. Se trata de un botón que al pulsarse despliega un cuadro con un formulario de datos en los que se pueden introducir los valores de cada campo para crear un nuevo registro o editar los existentes.

En la siguiente figura se puede observar una tabla con tres variables (“nombre”, “valor”, “valor x 2”). Las dos primeras variables son independientes y el formulario permite modificarlas, mientras que la tercera se trata de una variable dependiente (depende de la variable “valor”, siendo el resultado de multiplicarla por dos) y no puede modificarse. Usando el botón formulario para crear o editar registros, el usuario se asegura de no eliminar ninguna fórmula accidentalmente.

nombre	valor	valor x 2
valor1	1	2
valor2	2	4
valor3	3	6

Uso tablas

nombre: valor1

valor: 1

valor x 2: 2

1 de 3

Nuevo

Eliminar

Restaurar

Buscar anterior

Buscar siguiente

Criterios

Cerrar

Fig. 26 Uso del botón formulario (Elaboración propia)



El botón formulario no está visible por defecto, pero puede activarse a través de las opciones de Excel y añadirlo en una de las pestañas principales seleccionando la opción “Nuevo grupo”.

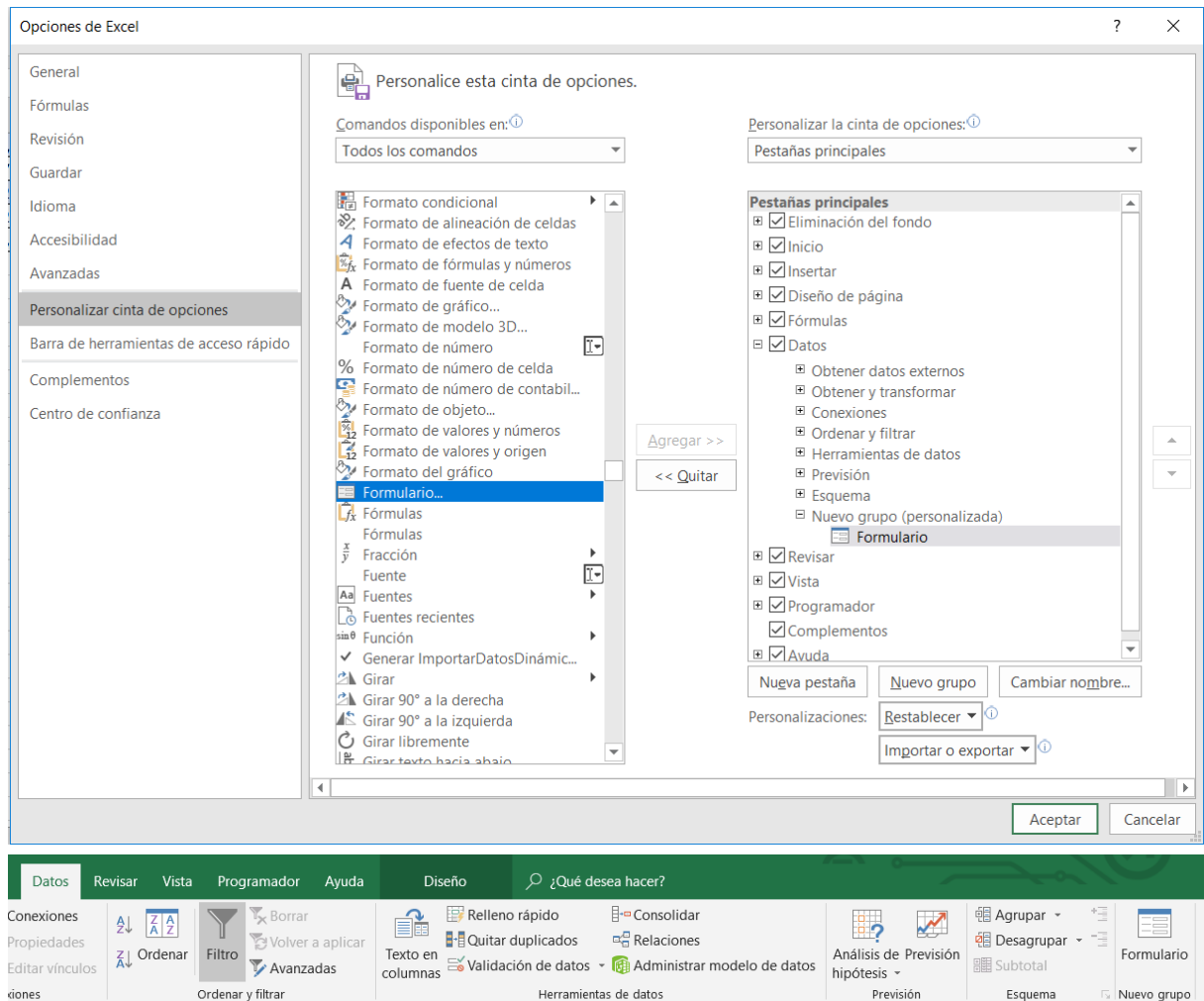


Fig. 27 Activación del botón formulario (Elaboración propia)

#### II.4.4.- Uso de tablas dinámicas

La tabla dinámica realiza un resumen de los datos con el objetivo de analizarlos con más detalle. En este apartado se explica una manera de utilizar ese recurso, aunque hay varias formas de usarlo.

La ventaja que caracteriza este tipo de tablas es la posibilidad de organizar la representación de los datos de varias maneras. Para ello, al crear la tabla dinámica

se abre un menú a la derecha con cuatro cuadros donde se deben arrastrar los nombres de las variables (campos) de la tabla.

A la izquierda de la tabla hay una columna con las categorías que forman la variable (campo) que se haya arrastrado al cuadro “Filas”. Siguiendo el ejemplo de la imagen, se ha asignado la variable “nombre” al cuadro “Filas”. Los encabezados de la tabla son las categorías de la variable (campo) que se ha arrastrado al cuadro “Columnas”. Finalmente, la variable “valor x 2” se ha arrastrado al cuadro “Valores”, que organiza la representación de los datos del centro de la tabla, lugar dónde se realiza un cálculo en función de las categorías de las otras dos variables.

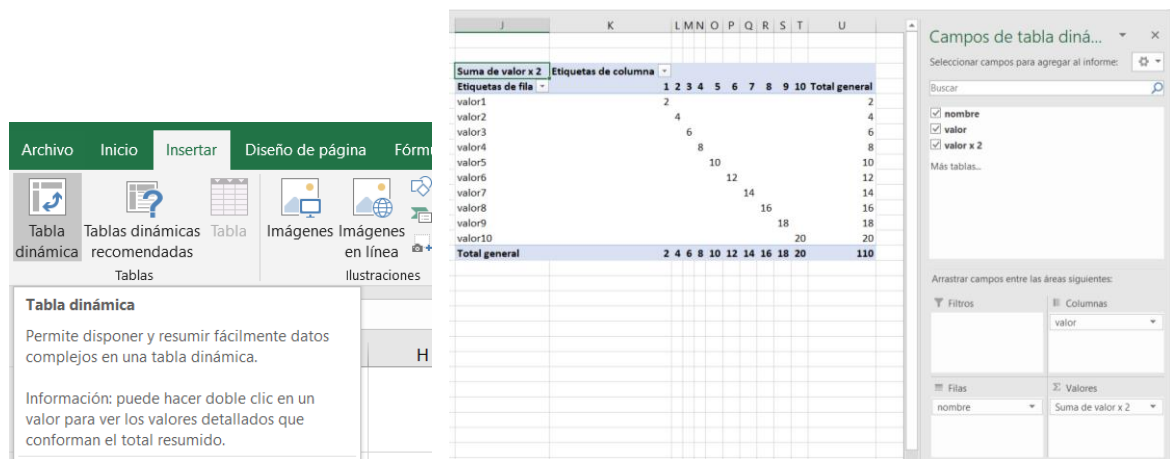


Fig. 28 Creación de tabla dinámica (Elaboración propia)

Una vez creada la tabla, se puede analizar la información que contiene de varias maneras. Una de ellas es agrupar los datos por rangos de la variable arrastrada en “Columnas”. En la siguiente figura se ha seleccionado la opción “Agrupar” y se han creado rangos agrupando la variable “valor” cada dos valores. Así se puede leer, por ejemplo, que el “valor 6” está comprendido dentro del rango 5-6 y que la suma de valores de este rango es 22.

Etiquetas de fila	Suma de valor x 2	Etiquetas de columna
valor1	2	general
valor2	4	
valor3	6	
valor4	8	
valor5	10	
valor6	12	
valor7	14	
valor8	16	
valor9	18	
valor10	20	
Total general	110	

Fig. 29 Agrupar datos en tablas dinámicas (Elaboración propia)

#### II.4.5.- Buscar datos e interpolar en una tabla

Para buscar datos concretos dentro de un rango se utiliza la función BUSCAR(). No obstante, es muy probable que el valor del dato a buscar no coincida exactamente con ninguno de los del rango de la tabla, sino que esté entre dos de ellos. Para encontrar el valor exacto primero se deben buscar los valores inferior y superior con la función BUSCAR() y posteriormente aplicar una interpolación entre éstos dos datos. El método de interpolación utilizado se ha adquirido en las clases impartidas en la asignatura de “Teoría del Buque” de la Facultad de Náutica de Barcelona, por parte de la docente Sra. M. Castells Sanabra (Castells Sanabra, 2014).

Para esta operación se parte de dos columnas con datos relacionados, como pueden ser los valores de desplazamiento y calado medio en las tablas hidrostáticas. Se calcularán los valores de la siguiente manera:

Celda del valor a buscar: Contiene un valor conocido con el que se entra en las tablas. La fórmula BUSCAR() utilizará éste valor como valor de comparación.

D9				13400			
	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3		CM	Δ				
4		2,50	11203				
5		2,60	11683				
6		2,70	12165				
7		2,80	12649				
8		2,90	13134	Desplazamiento	Calado medio		
9		3,00	13620	Δ	CM		
10		3,10	14108	13400	2,95		
11		3,20	14597				
12		3,30	15087				
13		3,40	15578				
14		3,50	16071				
15		3,60	16565				
16		3,70	17059				
17		3,80	17555				
18		3,90	18052				

Fig. 30 Ejemplo de interpolación: celda del valor a buscar (Elaboración propia)

Celda del valor a buscar inferior: Esta celda busca el valor de D9 (primer argumento) entre los valores situados en el rango B4:B111 (segundo argumento). Si lo encuentra, se detiene y devuelve el valor de la celda en cuestión, si no lo encuentra, se detiene en la celda con la aproximación por defecto.

SUMA				=BUSCAR(D9;B4:B111)			
	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3		CM	Δ				
4		2,50	11203				
5		2,60	11683				
6		2,70	12165				
7		2,80	12649				
8		2,90	13134	Desplazamiento	Calado medio		
9		3,00	13620	Δ	CM		
10		3,10	14108	13400	2,95		
11		3,20	14597				
12		3,30	15087				
13		3,40	15578				
14		3,50	16071				
15		3,60	16565				
16		3,70	17059				
17		3,80	17555				
18		3,90	18052				

Fig. 31 Ejemplo de interpolación: celda del valor a buscar inferior (Elaboración propia)

Celda del valor a buscar superior: Esta celda busca el valor del introducido en D9 (primer argumento) entre los valores situados en el rango B4:B111 (segundo argumento). Si lo encuentra, toma nota del número de orden de la celda dentro del rango. Si no lo encuentra, toma nota del número de orden de la celda que, dentro del rango, contiene el valor por defecto. Seguidamente, mira en el rango B5:B111 (tercer

argumento) y localiza la celda situada en el mismo número de orden. La función devuelve el valor de esta celda.

Vemos, que de esta forma la función devuelve el valor por exceso del desplazamiento en vez del valor por defecto. El truco reside en quitar la primera celda del rango incluido como tercer argumento.

SUMA				=BUSCAR(D9;B4:B111;B5:B111)			
	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3	CM	Δ					
4	2,50	11203					
5	2,60	11683					
6	2,70	12165					
7	2,80	12649					
8	2,90	13134		Desplazamiento	Calado medio		
9	3,00	13620		Δ	CM		
10	3,10	14108		13400	2,95		
11	3,20	14597					
12	3,30	15087					
13	3,40	15578					
14	3,50	16071					
15	3,60	16565					
16	3,70	17059					
17	3,80	17555					
18	3,90	18053					

Las siguientes celdas realizan la entrada en la tabla	
CM	Δ
2,90	13134
3,00	=BUSCAR(D9;B5:B111;B4:B111)

Aproximación por defecto

Aproximación por exceso

Fig. 32 Ejemplo de interpolación: celda del valor a buscar superior (Elaboración propia)

Valor a mostrar inferior: Esta celda busca el valor del introducido en D9 (primer argumento) entre los valores situados en el rango B4:B111 (segundo argumento). Si lo encuentra, toma nota del número de orden de la celda dentro del rango. Si no lo encuentra, toma nota del número de orden de la celda que, dentro del rango, contiene el valor por defecto. Seguidamente, mira en el rango A4:A111 (tercer argumento) y localiza la celda situada en el mismo número de orden. La función devuelve el valor de esta celda.

SUMA						=BUSCAR(D9;B4:B111;A4:A111)	
	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3	CM	Δ					
4	2,50	11203					
5	2,60	11683					
6	2,70	12165					
7	2,80	12649		Desplazamiento	Calado medio		
8	2,90	13134		Δ	CM		
9	3,00	13620		13400	2,95		
10	3,10	14108					
11	3,20	14597					
12	3,30	15087		Las siguientes celdas realizan la entrada en la tabla			
13	3,40	15578					
14	3,50	16071					
15	3,60	16565		CM	Δ		
16	3,70	17059		=BUSCAR(D9;B4:	13134	Aproximación por defecto	
17	3,80	17555		3,00	13620	Aproximación por exceso	
18	3,90	18053					

Fig. 33 Ejemplo de interpolación: celda del valor a mostrar inferior (Elaboración propia)

Valor a mostrar superior: Esta celda busca el valor del introducido en D9 (primer argumento) entre los valores situados en el rango B4:B111 (segundo argumento). Si lo encuentra, toma nota del número de orden de la celda dentro del rango. Si no lo encuentra, toma nota del número de orden de la celda que, dentro del rango, contiene el valor por defecto.

Seguidamente, mira en el rango A5:A111 (tercer argumento) y localiza la celda situada en el mismo número de orden. La función devuelve el valor de esta celda.

De la misma manera que en el caso anterior, se consigue que la función devuelva el valor por exceso en vez del valor por defecto quitando la primera celda del rango incluido como tercer argumento.

SUMA							
=BUSCAR(D9;B4:B111;A5:A111)							
	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3	CM	Δ					
4	2,50	11203					
5	2,60	11683					
6	2,70	12165					
7	2,80	12649					
8	2,90	13134		Desplazamiento	Calado medio		
9	3,00	13620		Δ	CM		
10	3,10	14108		13400	2,95		
11	3,20	14597					
12	3,30	15087					
13	3,40	15578					
14	3,50	16071					
15	3,60	16565					
16	3,70	17059					
17	3,80	17555					
18	3,90	18052					

Fig. 34 Ejemplo de interpolación: celda del valor a mostrar superior (Elaboración propia)

Celda del valor de salida: Esta celda resuelve la regla de tres que interpola el valor buscado entre los valores por defecto y por exceso.

SUMA							
=(D17-D16)*(D9-E16)/(E17-E16)+D16							
	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3	CM	Δ					
4	2,50	11203					
5	2,60	11683					
6	2,70	12165					
7	2,80	12649					
8	2,90	13134		Desplazamiento	Calado medio		
9	3,00	13620		Δ	CM		
10	3,10	14108		13400	=(D17-D16)*(D		
11	3,20	14597					
12	3,30	15087					
13	3,40	15578					
14	3,50	16071					
15	3,60	16565					
16	3,70	17059					
17	3,80	17555					
18	3,90	18052					

Fig. 35 Ejemplo de interpolación: celda del valor de salida (Elaboración propia)

## **II.4.6.- Transformar diamantes de decisión en funciones SI()**

### **II.4.6.1.- Diamantes de decisión y funciones “SI”**

Los diamantes de decisión de un flujograma pueden ejecutarse en Excel mediante funciones SI(). Para ello, la pregunta del diamante de decisión es la condición (el primer argumento) de la función SI() y las salidas del diagrama son los otros dos argumentos. Cuando se cumple la condición, la función SI() da como resultado el valor de su segundo argumento, que coincidirá con la ejecución de la tarea a la que se llega siguiendo el flujograma por la rama de la respuesta positiva “sí”. En caso contrario, la función SI() mostrará el valor de su tercer argumento que corresponde a la tarea a ejecutar tras seguir la rama de la respuesta negativa “no” en el flujograma. De esta forma se representa una toma de decisiones.

### **II.4.6.2.- Funciones SI anidadas**

La concatenación de diamantes de decisión se transforma en funciones SI() anidadas en las que un argumento de la función SI() es otra función SI(). Con ello se consigue representar varias tomas de decisión seguidas que en su conjunto dan lugar a diferentes resultados muy concretos a los que se llega dando respuesta a las diferentes preguntas que plantean los diamantes de decisión.

La estructura de funciones SI() anidadas consiste en incluir otras funciones SI() en los argumentos de modo que cuando se analiza el cumplimiento del primer argumento (la pregunta que plantea el diamante de decisión), uno de los otros dos siguientes argumentos de la función (o los dos) en lugar de contener resultados o acciones que representan las tareas a ejecutar en el flujograma en caso de resultado positivo o negativo, incorporan otra función SI() que equivale a otro diamante de decisión.

## **II.4.7.- Uso de gráficos de líneas y de dispersión**

Excel permite usar multitud de tipos de representación gráfica de datos. Algunos gráficos útiles para la representación gráfica de las bodegas y el nivel de carga son los gráficos de líneas y los de dispersión, que serán los utilizados para incorporar en el programa de carga<sup>19</sup>.

---

<sup>19</sup> Véase: II.3.5.-Descripción de gráficos



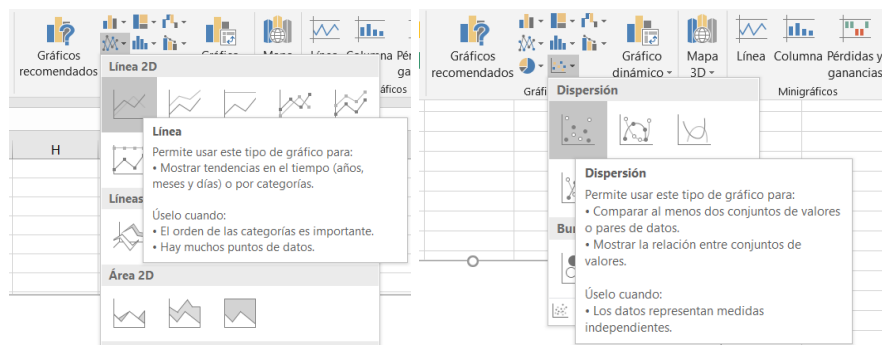


Fig. 36 Uso de gráficos de líneas y de dispersión (Elaboración propia)

A continuación, se mostrarán las características de este tipo de gráficos y se profundizará en aquellos aspectos de configuración que permitan el uso de esos gráficos para la representación deseada.

### Gráficos de líneas

Los gráficos de líneas representan en el eje vertical los valores de una serie de datos categóricos, que se muestran en el eje horizontal. En la siguiente figura se observa el resultado de crear un gráfico de líneas con 5 datos numéricos (10, 12, 14, 10, 8). Aunque al crear el gráfico en el eje horizontal aparezcan números del 1 al 5, éstos no tienen valor numérico y podrían ser perfectamente letras, palabras, fechas, etc. Cada uno de los números del eje horizontal representa una categoría de una variable.

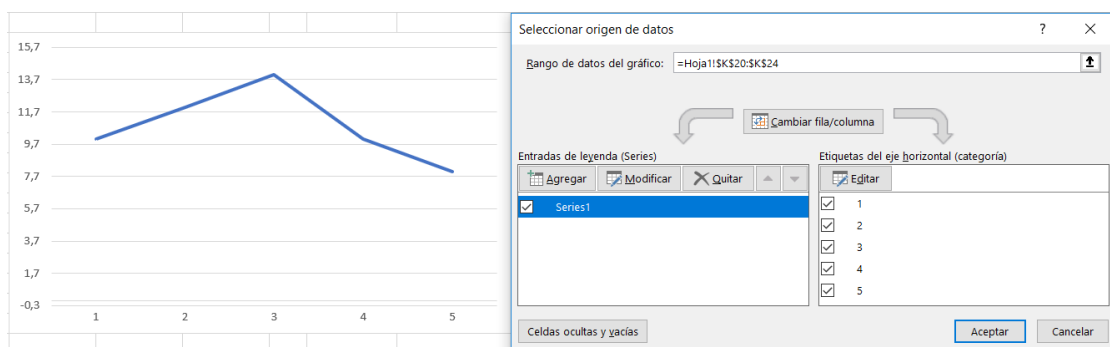


Fig. 37 Gráfico de líneas (Elaboración propia)

**Escala de eje:** Excel permite modificar la escala de los ejes para adaptarla a un rango de valores concreto y mejorar la visualización de los datos si estos están todos dentro de ese rango. Para ello, deben cambiarse los valores máximo y mínimo de los límites.

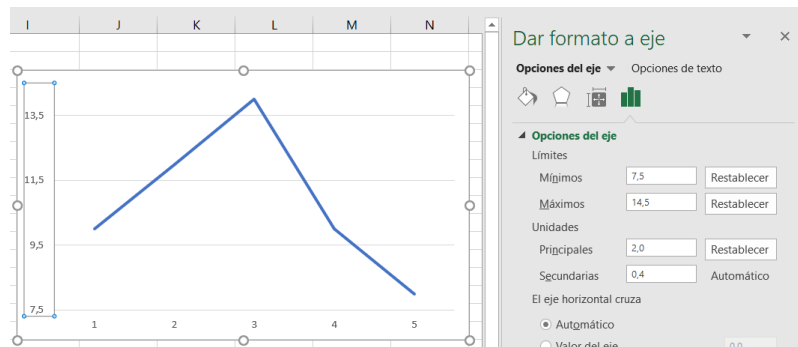


Fig. 38 Configuración de la escala de eje (Elaboración propia)

**Formato:** El formato del gráfico permite cambiar su aspecto visual para adaptarlo a las necesidades del usuario. Una primera opción interesante es la que permite suavizar las líneas de forma automática sustituyendo la unión de puntos mediante líneas rectas. Además, se permite modificar el formato relacionado con colores, tipo, transparencia y grosor de líneas.

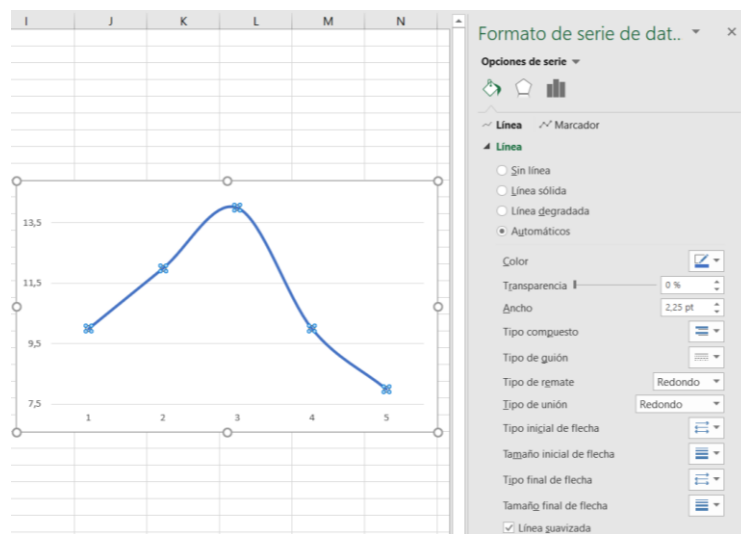


Fig. 39 Configuración del formato y línea suavizada (Elaboración propia)

Mediante la configuración de tipo de línea y relleno de todos los componentes del gráfico y ocultando los ejes, se puede conseguir dejar visible únicamente la línea formada por los datos creando un efecto de transparencia.

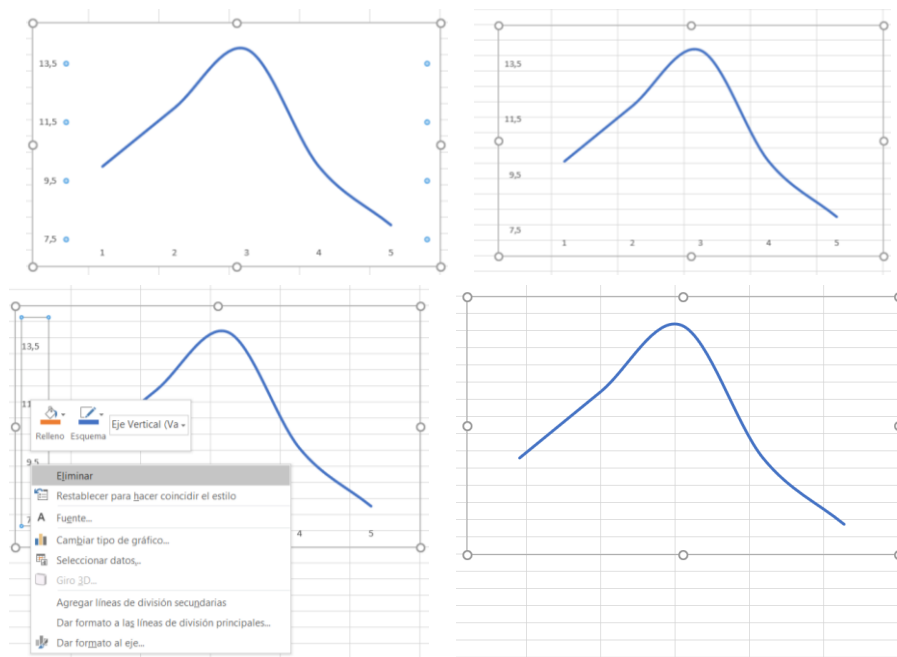


Fig. 40 Ocultación de ejes y efecto de transparencia (Elaboración propia)

### Gráficos de dispersión

Los gráficos de dispersión representan datos numéricos en los dos ejes, de modo que, a diferencia del gráfico de líneas, el eje horizontal representa valores numéricos. En la siguiente figura se muestran los mismos 5 datos que en el caso anterior (10, 12, 14, 10, 8) para el eje vertical y se le asignan valores en el eje horizontal. En este caso, cada punto de la gráfica representa un punto en un plano cartesiano.

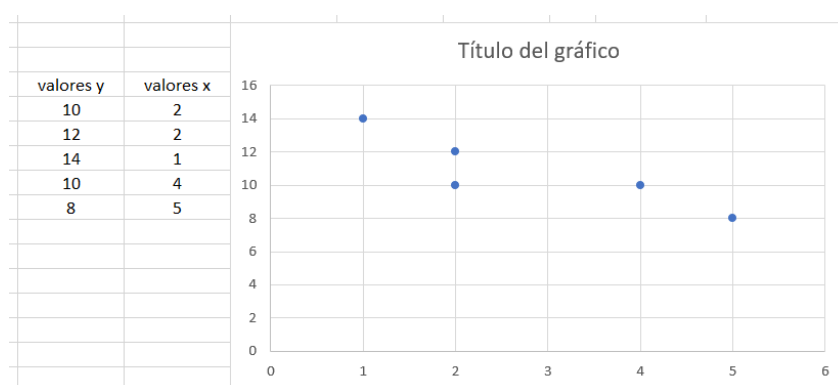


Fig. 41 Gráfico de dispersión (Elaboración propia)

Línea de tendencia: una opción útil para los gráficos de dispersión es la de añadir una línea de tendencia que puede ser lineal o de otro tipo. Adicionalmente, se puede

generar la ecuación matemática de la línea de tendencia, así como el valor del cuadrado del coeficiente de correlación (indicador de la dependencia aleatoria entre dos variables cuantitativas). En el siguiente gráfico se genera una línea de tendencia lineal y se muestra su ecuación.

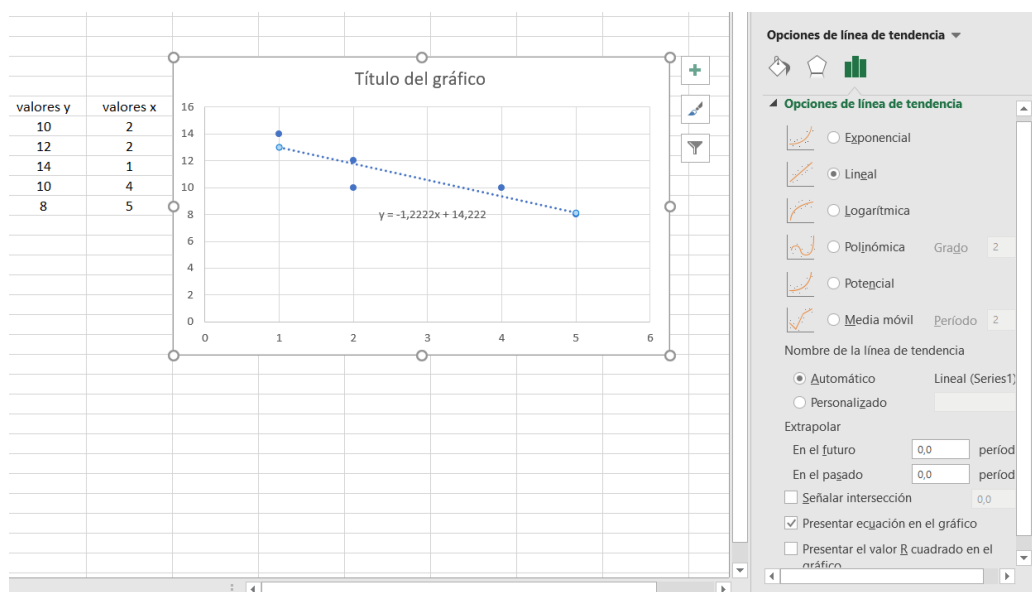


Fig. 42 Configuración de la línea de tendencia (Elaboración propia)

Tanto la configuración de las escalas de eje como del formato en los gráficos de dispersión pueden alterarse del mismo modo que se ha explicado anteriormente con los gráficos de líneas.

#### II.4.8.- Uso de la función PENDIENTE() e INTERSECCION.EJE()

Otra fórmula para acceder a una línea de regresión la constituyen estas dos funciones. En este caso, se resuelve una regresión lineal.

Las funciones PENDIENTE() e INTERSECCION.EJE() permiten obtener la función matemática de una recta de regresión. La función de la recta es la siguiente:

$$y = m \cdot x + b$$

(siendo “m” la pendiente de la recta)

La función PENDIENTE() dará como resultado el valor “m” de la recta, mientras que la función INTERSECCION.EJE() resolverá el valor “b”. Las dos funciones tienen dos argumentos: el primero para los valores verticales “y” y el segundo para los valores

horizontales “x”. La siguiente figura representa el uso de estas funciones para obtener la función de la recta de la línea de tendencia del gráfico.

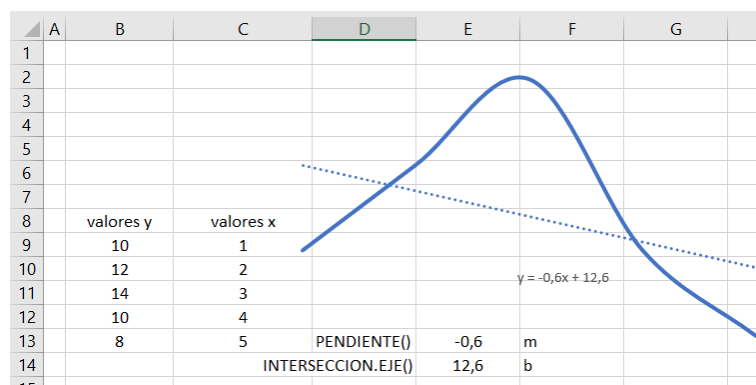


Fig. 43 Uso de funciones PENDIENTE() e INTERSECCION.EJE() (Elaboración propia)

**Celda E13 → =PENDIENTE(B9:B13;C9:C13)**

**Celda E14 → =INTERSECCION.EJE(B9:B13;C9:C13)**

Mediante esta herramienta se soluciona un problema de regresión, que aparece al intentar encontrar una función matemática que relacione los cambios en los valores de una variable respecto a la otra. En este caso las variables presentan una dependencia funcional, debido a que existe una expresión matemática que las relaciona de forma exacta.

#### II.4.9.- Uso de la validación de datos, formato condicional, y la protección de hojas para el tratamiento y protección de las entradas y las salidas

El manejo del formato de celdas en la hoja de cálculo permite crear un aspecto visual más claro sobre los datos y valores y aporta cierta organización. A continuación, se profundizará en ciertas opciones aplicables al formato.

Validación de datos: para que el contenido de una celda se limite a un número concreto de opciones creando una lista desplegable al seleccionarla se usa el comando “validación de datos”. De la misma manera puede elegirse cualquier otra opción como permitir solo un rango numérico concreto. También pueden agregarse mensajes de entrada (que aparecen al seleccionar la celda) o de error (que aparecen si no se cumple la restricción que se imponga).

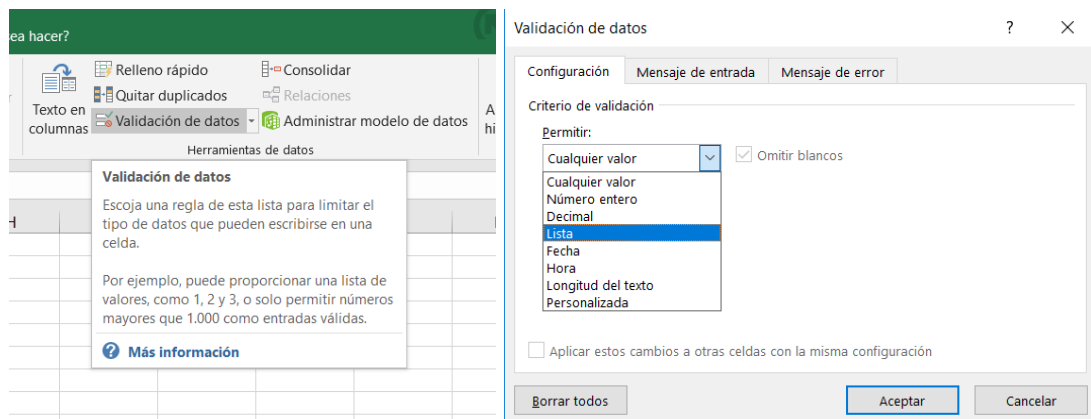


Fig. 44 Validación de datos (Elaboración propia)

**Formato condicional de celdas:** Esta opción permite dar un formato concreto a las celdas cuando se cumple una regla o condición que puede ser de carácter muy variado, desde aplicar un color de fondo en función de los valores numéricos o contenido en texto de cada celda hasta la opción de decidir mediante una fórmula introducida por el usuario si se aplicará o no el formato.

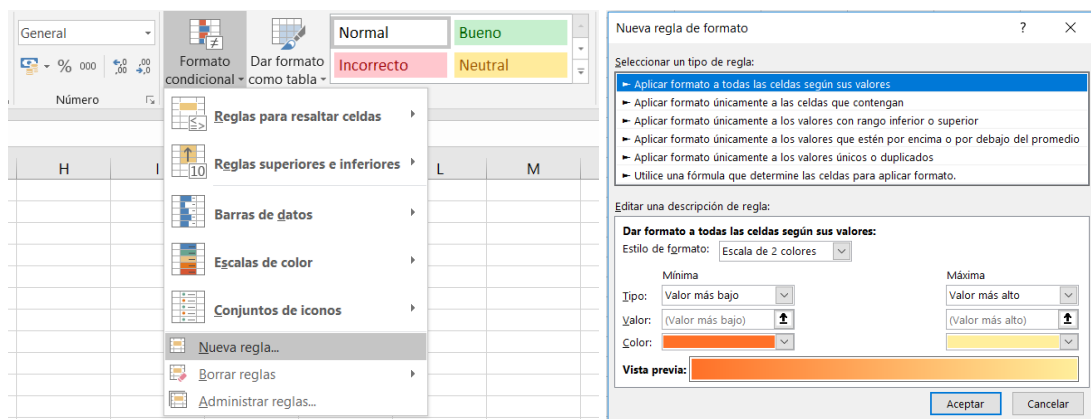
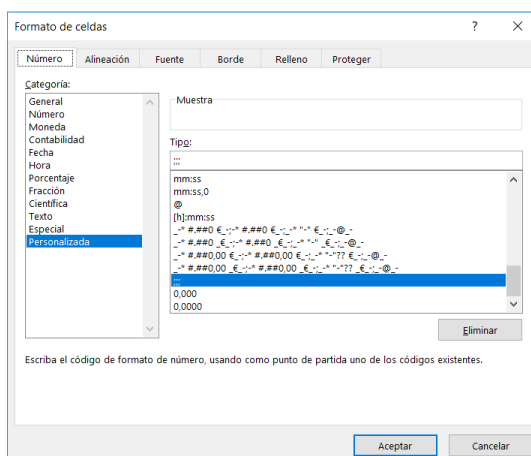


Fig. 45 Formato condicional de celdas (Elaboración propia)

**Formato de celdas personalizado:** El formato de cualquier celda de una hoja de cálculo Excel puede ser modificado. Para ello debe seleccionarse la celda o grupo de celdas y hacer clic con el botón derecho del ratón seleccionando a continuación la opción "Formato de celdas". Existe un formato que hace invisible el valor de las celdas y que tiene cómo código tres punto y coma seguidos "...".



**Fig. 46 Formato de celdas personalizado (Elaboración propia)**

### protección de hojas para el tratamiento y protección de las entradas y las salidas

Al finalizar una hoja de cálculo, puede ser útil evitar que se modifiquen involuntaria o deliberadamente alguna de las fórmulas que incluye. Ello puede realizarse con la protección y bloqueo de estas celdas de la siguiente manera:

En primer lugar, se selecciona toda la hoja haciendo clic sobre el cuadrado situado en la esquina superior izquierda, entre la letra “A” de la primera columna y el número “1” de la primera fila. A continuación, se despliega el menú haciendo clic con el botón derecho y se selecciona la opción de “Formato de celdas”. En la pestaña “Proteger” debe desmarcarse la casilla “Bloqueada”. Una vez desbloqueadas todas las celdas, se usará la herramienta de búsqueda para buscar todas las celdas que contengan fórmulas. Con ello, quedarán seleccionadas y se procederá a su protección mediante la misma opción de “Formato de celdas”, marcando esta vez la casilla del bloqueo.

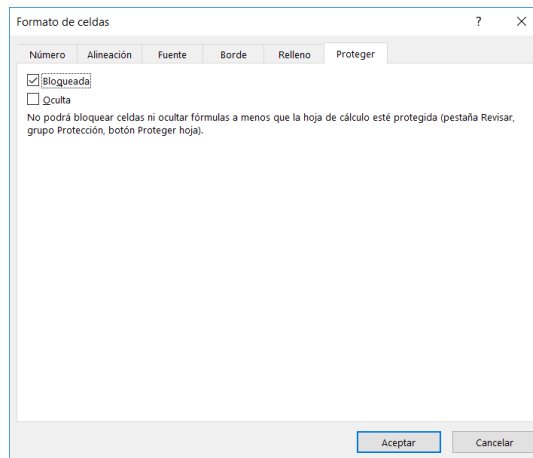


Fig. 47 Bloqueo de celdas (Elaboración propia)

Para terminar, deberá protegerse la hoja seleccionando la opción “Proteger libro” desde el menú de “Archivo” y luego “Proteger hoja actual”. Se abrirá una ventana en la que se puede introducir optativamente una contraseña para desproteger de nuevo la hoja y dónde se especifican las acciones que no quedan restringidas. Se dejará únicamente la opción de seleccionar las celdas quedando bloqueado todo lo demás.

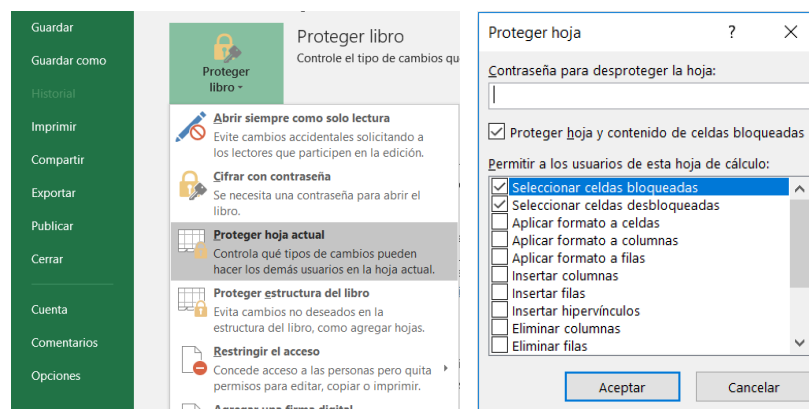
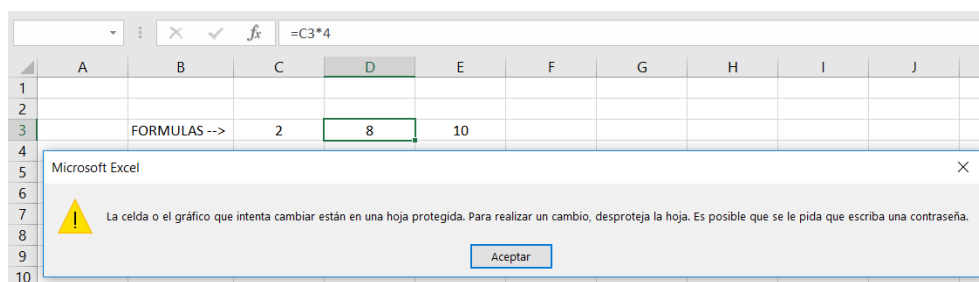


Fig. 48 Protección de hojas (Elaboración propia)

Una vez aplicada la protección, al intentar modificar una celda que contiene alguna fórmula, se abre un cuadro con un mensaje que informa de la restricción y que no deja editar su contenido.





**Fig. 49 Mensaje de restricción de acceso al contenido de la celda (Elaboración propia)**

Con ello se consigue, por ejemplo, evitar que por error se borre o modifique el contenido de una celda que contenga una fórmula con las consecuencias que ello podría tener en la obtención de unos resultados no válidos que producirían un error indetectable.

### III.- APLICACIÓN PRÁCTICA

A continuación, se aplicará la metodología expuesta en el apartado anterior para resolver el cálculo de estabilidad y trimado de un buque concreto.

Todos los datos relativos al buque que se usan como entradas para el programa se han extraído de los planos y manuales de lastre y estabilidad del buque “M/S SPAR SCOPIO” de la empresa noruega “SPAR SHIPPING AS”. Dicha información está disponible con libre acceso en internet proporcionada por la misma empresa en su sitio web (Spar Shipping AS, 2018).

#### III.1.1.- Distribución de cálculos en distintas hojas

El archivo Excel que se diseñará en este capítulo de la Aplicación Práctica, será dividido en varias hojas, siguiendo las pautas establecidas en el capítulo anterior (Parte II de la metodología)<sup>20</sup>. A continuación, se describe el contenido de cada una de estas hojas.

##### III.1.1.1.- Hoja “INICIO”

En la primera hoja llamada “INICIO” se muestran las características del buque y las opciones de configuración a disposición del usuario, que forman parte de las entradas. Los valores de asiento y calados del buque serán los datos realmente relevantes para el oficial de carga y son las salidas que se mostraran también en esta hoja.

Para empezar, se incluirá una leyenda sobre el significado de los colores de las celdas diferenciando entre entradas y salidas. Quedará ubicada en la parte superior izquierda de la hoja.

Debajo de la leyenda, se incluye información específica del buque y los datos del peso en rosca, esenciales para el cálculo del desplazamiento. La posición del centro de gravedad del peso en rosca, así como su valor en toneladas métricas se obtienen consultando el Manual de Estabilidad del buque<sup>21</sup>.

Seguidamente, en la parte central de la hoja se calculan el asiento y calados en la condición actual del buque, así como puntos indiferentes de proa y popa. Cumpliendo

---

<sup>20</sup> Véase: *II.4.1.-Distribución de cálculos en distintas hojas*

<sup>21</sup> Véase en los Anexos: *V.3.1.-“Ship particulars”*

con las recomendaciones de la OMI, tanto los calados como el desplazamiento se muestran de forma clara y sin ambigüedad<sup>22</sup>.

En la parte superior derecha de la hoja se muestra el valor de total de carga estibada en las bodegas y las opciones de configuración del margen de seguridad de altura de la carga, así como asiento y calados máximos permitidos<sup>23</sup>. Si se supera algún límite queda marcado mediante un formato condicional que resalta la celda de color rojo.

Finalmente, en la parte media e inferior derecha se ubican ciertos datos utilizados para el cálculo de los puntos indiferentes. En la siguiente figura se puede ver la distribución general de la hoja “INICIO”.

</

Fig. 50 Vista general de la hoja "INICIO" (Elaboración propia)

### III.1.1.2.- Hoja “LASTRE”

Esta hoja ejecuta el proceso de cálculo de tanques<sup>24</sup> considerando únicamente los tanques de lastre. Recoge todos los datos de los tanques de lastre agrupados en

<sup>22</sup> Véase: IMO\_MSC Circ.836 apartado 4.1.3 y 4.1.5 (IMO MSC, 2018)

<sup>23</sup> Véase: II.3.3.2.-Opciones de configuración a disposición del usuario

<sup>24</sup> Véase: II.3.2.1.-Proceso Cálculo de Tanques

varias tablas que calculan los pesos totales y momentos producidos introduciendo el porcentaje de llenado de cada uno.

En la parte derecha de la hoja, se genera un cuadro resumen con la suma de todos los totales y también se utilizan dos tablas dinámicas para agrupar los tanques laterales según su posición longitudinal del centro de gravedad.

The screenshot displays the 'LASTRE' Excel spreadsheet. It features several data tables for calculating tank weights and moments, organized into sections like 'TANQUES ESTRIKOR', 'TANQUES BARRIO', 'TANQUES POPA', 'AST PEAK TANK', and 'TANQUES PROA'. Each table includes columns for ID, percentage, LCG, VCG, TCG, SPL (m4), Volumen total, Densidad, Peso, MTO LCG, MTO TCG, MTO VCG, Sup. lib., and VOLUMEN. To the right of these tables is a summary section titled 'VOLUMEN TOTAL' which provides totals for PESO TOTAL, MOMENTOS LCG, MOMENTOS TCG, and MOMENTOS VCG. Below this is a warning message: '¡ATENCIÓN! PARA ACTUALIZAR EL GRÁFICO DEBEN ACTUALIZARSE LAS TABLAS DINÁMICAS (BOTÓN IZQUIERDO -> "ACTUALIZAR")'. At the bottom right, there are two dynamic table formulas: 'Iquetas de coh = 41-66' and 'Iquetas de coh = 66-91', which filter data based on the 'Iquetas de coh' column.

Fig. 51 Vista general de la hoja "LASTRE" (Elaboración propia)

### III.1.1.3.- Hoja "TANQUES"

La hoja "TANQUES" ejecuta el proceso de cálculo de tanques<sup>25</sup> para los demás tanques que no son de agua de lastre. A diferencia de la hoja "LASTRE", en este caso en las tablas se introduce el volumen del contenido del tanque y se genera como salida el porcentaje de llenado.

<sup>25</sup> Véase: II.3.2.1.-Proceso Cálculo de Tanques

Fig. 52 Vista general de la hoja "TANQUES" (Elaboración propia)

### III.1.1.4.- Hoja "BODEGAS"

Esta hoja calcula el efecto del peso de la carga según su distribución y, por tanto, ejecuta el proceso de cálculo de bodegas<sup>26</sup>. Se crean tablas para cada bodega como en los casos anteriores pero esta vez, para facilitar una mejor agilidad al representar los datos, se usa la división de paneles (ver *II.2.2.1.-Herramienta: hojas de cálculo de Microsoft Excel*).

Al igual que en los casos anteriores, se genera un cuadro resumen con los valores de peso, volumen y momentos totales calculados. También se incluye un conversor de unidades del factor de estiba para facilitar dicho cálculo al usuario.

<sup>26</sup> Véase: *II.3.2.2.-Proceso Cálculo de Bodegas*

Fig. 53 Vista general de la hoja "BODEGAS" (Elaboración propia)

### III.1.1.5.- Hoja "GRAFICO"

En la hoja "GRAFICO" se visualizan tres gráficos que indican la condición de carga del buque y su trimado. Se aplica así las recomendaciones de la OMI en las que se estipula que los resultados de los cálculos del programa deben mostrarse de forma numérica y de forma gráfica<sup>27</sup>.

El gráfico situado en la parte superior es una representación del porcentaje de llenado de los cinco grupos de tanques laterales y los piques de proa y popa.

El gráfico en la parte central muestra el porcentaje de llenado de cada bodega respecto a su volumen máximo.

En la parte inferior, el tercer gráfico muestra la distribución de la carga en las bodegas y representa la línea de flotación en función de los calados.

<sup>27</sup> Véase: IMO\_MSC Circ.836 apartado 4.1.6 (IMO MSC, 2018)



Fig. 54 Vista general de la hoja "GRAFICO" (Elaboración propia)

#### III.1.1.6.- Hoja "ESTABILIDAD"

En la hoja nombrada "ESTABILIDAD", se ejecuta el proceso de cálculos de estabilidad<sup>28</sup>. Para hacerlo, se calcula la altura metacéntrica transversal inicial teniendo en cuenta los efectos de pérdida de estabilidad debidos a la existencia de las posibles superficies libres en los tanques y bodegas. A continuación, se calculan los valores de brazos adrizantes a diferentes escoras y se representa gráficamente.

En un cuadro se calcularán los valores de GZ para las diferentes escoras de las que disponga la tabla de pantocarenas. También se calcularán los GZ de 15 y 25 grados específicamente al ser necesarios para la representación de la recta del GZ inicial y para el análisis del criterio de estabilidad respectivamente. Para reordenar los valores en un nuevo cuadro que contenga los datos para la gráfica se usará la función  $K.ESIMO.MENOR()$ <sup>29</sup> en los valores de escora.

<sup>28</sup> Véase: II.3.2.6.-Proceso cálculos de estabilidad

<sup>29</sup> Véase: Función  $K.ESIMO.MENOR()$



[illegible]

**Fig. 55 Uso de la función K.ESIMO.MENOR() (Elaboración propia)**

Para terminar, se hacen los cálculos de estabilidad dinámica y se comprueba el cumplimiento del criterio de estabilidad de la OMI. Para ello es necesario calcular el ángulo de inundación descendente ( $\phi_r$ ) que se ha calculado de forma aproximada suponiéndose el ángulo al que corresponde el valor GZ máximo. No obstante, en el Manual de Estabilidad del buque se especifica que este ángulo en ningún caso supera los 40 grados debido al propio diseño del buque.

<p><b>4.12 Minimum angle of flooding</b></p> <p>When the vessel has a large angle of heel, unprotected openings in the hull, superstructure or deck can be immersed. This will result in a progressive flooding of the hull and in a reduction of GM.</p> <p>According to the regulations of IMO A749 it is only permissible to calculate the stability up to the angle where flooding occurs. In section 4.12 this angle is called X or 40 degrees.</p> <p>Unprotected and weathertight openings have been taken into account when calculating the maximum allowable KG (minimum allowable GM) limit curves. All unprotected openings are beyond 40 degrees of heel and will not affect the stability range. Opening type and position is shown in section 11.</p>	<p><b>11 RELEVANT OPENINGS AND POSITIONS / FLOODING ANGLES</b></p> <p>This section contains list of relevant unprotected and weathertight openings, which is used in the stability calculation as flooding points.</p>
---	--

**Fig. 56 Secciones del Manual de Estabilidad del buque SPAR SCOPIO que hacen referencia al ángulo de inundación (Spar Shipping AS, 2018)**

El programa también permite calcular el ángulo límite de estabilidad (ángulo en el que la curva cruza el eje horizontal) en caso de que exista. Se utilizan las funciones SI() e Y() conjuntamente para determinar en qué momento se pasa de un GZ positivo a uno negativo y mediante interpolación se determina el ángulo en ese punto. En la siguiente figura se muestra un ejemplo forzado mediante el aumento del valor VCG del peso en rosca para que se represente el ángulo límite de estabilidad.



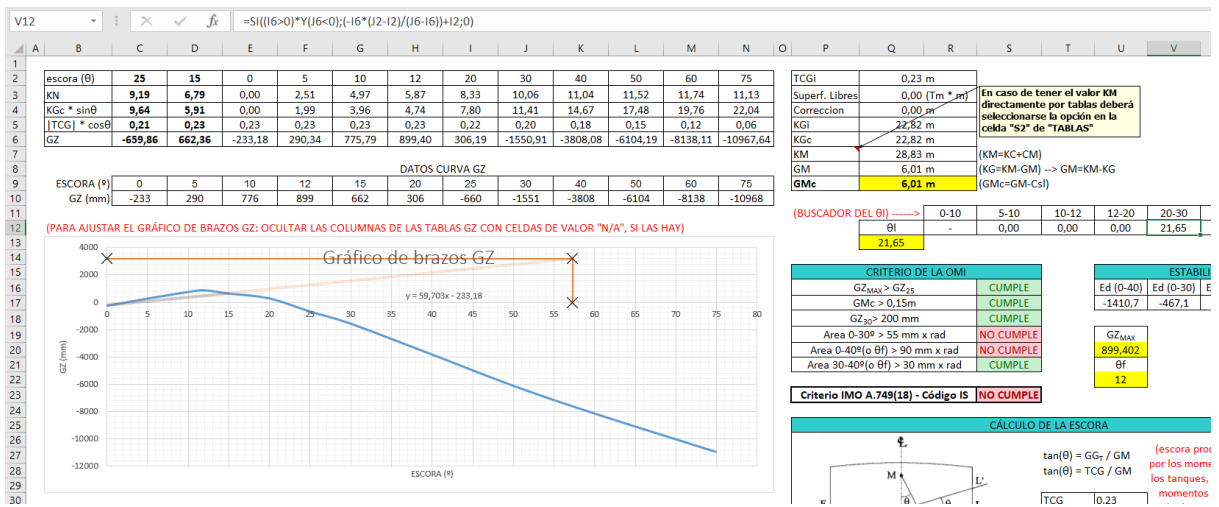


Fig. 57 Cálculo del ángulo límite de estabilidad (Elaboración propia)

Finalmente, se calcula la escora inicial del buque en caso de que la coordenada transversal de éste resulte tener un valor diferente a cero.

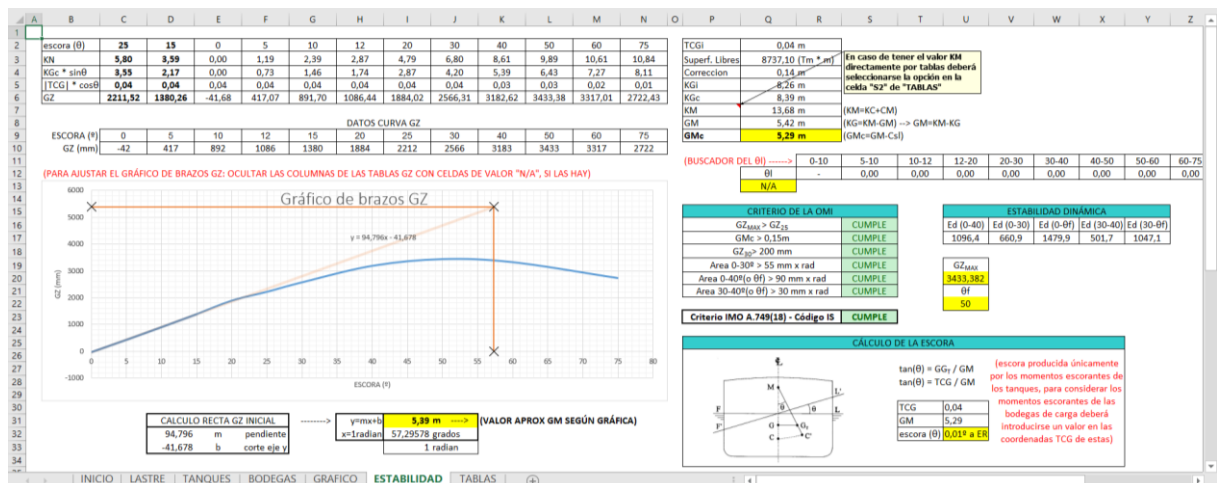


Fig. 58 Vista general de la hoja "ESTABILIDAD" (Elaboración propia)

### III.1.1.7.- Hoja "TABLAS"

La hoja "TABLAS" incluye las tablas hidrostáticas y pantocarenas importadas y contiene el sistema de interpolación para obtener los valores relacionados con el desplazamiento del buque.

En los laterales se ubican las tablas, a la izquierda las hidrostáticas y a la derecha las pantocarenas. En la parte central superior hay una casilla para definir la cuestión sobre el uso de valores KM o (KB + BM) y, a continuación, tres tablas con interpolaciones de las tablas para diferentes condiciones:

- Condición actual: se interpolan datos de tablas hidrostáticas y pantocarenas para los cálculos de estabilidad y trimado del buque en la condición de carga actual según la distribución de lastre, tanques de servicio y carga en bodegas.
- Condición punto indiferente de proa: se interpolan datos de tablas hidrostáticas para cálculo del punto indiferente de proa.
- Condición punto indiferente de popa: se interpolan datos de tablas hidrostáticas para cálculo del punto indiferente de popa.

Finalmente, en la parte central inferior hay un cuadro para interpolar valores KN de los ángulos de escora de 15° y 25° de las tablas de pantocarenas que se usan para representar la recta inicial de brazos adrizantes GZ y para el criterio de estabilidad respectivamente. La siguiente figura muestra la distribución general de la hoja "TABLAS".

CM	Δ	LCB	LCF	TPC	MTC	KM	N/A
2.50	11203	101	101	48	493	33.5	
2.60	11683	101	101	48.1	497	32.4	
2.70	12165	101	101	48.3	501	31.3	
2.80	12649	101	101	48.4	504	30.4	
2.90	13134	101	101	48.6	508	29.5	
3.00	13620	101	100	48.7	512	28.7	
3.10	14108	101	100	48.8	515	27.9	
3.20	14597	101	100	49	518	27.2	
3.30	15087	101	100	49.1	521	26.5	
3.40	15578	101	100	49.2	524	25.9	
3.50	16071	101	100	49.3	527	25.3	
3.60	16565	101	100	49.4	530	24.7	
3.70	17059	101	100	49.5	533	24.2	
3.80	17555	101	100	49.6	535	23.7	
3.90	18052	101	100	49.7	538	23.2	
4.00	18550	101	100	49.8	541	22.8	
4.10	19048	101	100	49.9	543	22.3	
4.20	19548	101	100	50	546	21.9	
4.30	20049	101	100	50.1	548	21.6	
4.40	20551	101	100	50.2	551	21.2	
4.50	21053	101	99.9	50.3	554	20.8	
4.60	21557	101	99.8	50.4	556	20.5	
4.70	22061	101	99.8	50.5	559	20.2	
4.80	22566	101	99.7	50.6	561	19.9	
4.90	23072	101	99.6	50.7	564	19.6	
4.90	23579	101	99.6	50.8	566	19.4	
5.10	24087	101	99.5	50.8	569	19.1	

CM	Δ	LCB	LCF	TPC	MTC	KM	N/A
12.53	64544.42	96.57	88.94	57.30	796.65	13.68	0.00
12.50	64380.00	96.59	88.96	57.30	796.10	13.68	0.00
12.60	64953.00	96.52	88.89	57.30	798.00	13.68	0.00
0	5	10	12	20	30	40	50
0.00	1.19	2.39	2.87	4.79	6.80	8.61	9.89
	1.19	2.39	2.87	4.79	6.78	8.59	9.87

CM	Δ	LCB	LCF	TPC	MTC
12.55	64644.42	96.56	88.93	57.30	796.98
12.50	64380.00	96.59	88.96	57.30	796.10
12.60	64953.00	96.52	88.89	57.30	798.00

CM	Δ	LCB	LCF	TPC	MTC
12.50	64404.42	96.59	88.96	57.30	796.18
12.50	64380.00	96.59	88.96	57.30	796.10
12.60	64953.00	96.52	88.89	57.30	798.00

Angulo	valor KN
15	3.59253157
25	2.872
25	5.795908924
20	4.79341752
30	6.798400328

CM/B	S	10	12	20	30	40	50	60	75
2.50	2.911	5.667	6.548	8.834	10.380	11.159	11.438	11.489	10.994
2.60	2.815	5.508	6.400	8.724	10.311	11.131	11.462	11.545	11.031
2.70	2.727	5.354	6.255	8.616	10.242	11.106	11.479	11.602	11.062
2.80	2.645	5.208	6.114	8.511	10.175	11.081	11.495	11.655	11.090
2.90	2.568	5.070	5.977	8.408	10.110	11.056	11.512	11.704	11.115
3.00	2.496	4.940	5.843	8.308	10.046	11.032	11.528	11.748	11.137
3.10	2.429	4.817	5.712	8.210	9.984	11.008	11.544	11.787	11.157
3.20	2.367	4.701	5.585	8.115	9.923	10.984	11.560	11.821	11.175
3.30	2.308	4.591	5.463	8.022	9.864	10.961	11.575	11.851	11.190
3.40	2.252	4.487	5.346	7.931	9.806	10.938	11.590	11.877	11.203
3.50	2.200	4.388	5.234	7.843	9.750	10.915	11.605	11.900	11.215
3.60	2.152	4.295	5.128	7.756	9.694	10.892	11.619	11.918	11.224
3.70	2.105	4.206	5.026	7.670	9.640	10.870	11.633	11.934	11.233
3.80	2.062	4.122	4.930	7.587	9.587	10.848	11.647	11.947	11.241
3.90	2.020	4.042	4.838	7.505	9.535	10.827	11.660	11.957	11.248
4.00	1.981	3.966	4.751	7.425	9.485	10.806	11.672	11.965	11.255
4.10	1.944	3.894	4.667	7.347	9.435	10.785	11.682	11.971	11.263
4.20	1.909	3.825	4.587	7.269	9.386	10.765	11.690	11.976	11.271
4.30	1.876	3.760	4.511	7.194	9.339	10.745	11.696	11.978	11.281
4.40	1.844	3.698	4.439	7.119	9.292	10.726	11.700	11.979	11.292
4.50	1.814	3.639	4.370	7.046	9.246	10.707	11.702	11.978	11.304
4.60	1.785	3.583	4.304	6.974	9.201	10.689	11.701	11.976	11.317
4.70	1.758	3.529	4.240	6.903	9.157	10.671	11.698	11.972	11.330
4.80	1.732	3.478	4.180	6.833	9.113	10.653	11.694	11.966	11.343
4.90	1.707	3.430	4.122	6.765	9.071	10.636	11.687	11.959	11.356
5.00	1.683	3.383	4.067	6.698	9.029	10.620	11.679	11.951	11.369
5.10	1.661	3.339	4.014	6.631	8.988	10.604	11.669	11.942	11.381

Fig. 59 Vista general de la hoja "TABLAS" (Elaboración propia)

### III.1.2.- Importación a Excel de las tablas que describen el buque

Este recurso está asociado a la primera tarea del proceso importación de datos<sup>30</sup>. Como se comenta en la descripción de dicho proceso, la hoja debe recibir los datos de las tablas hidrostáticas y pantocarenas del buque, que son información del buque y que, por tanto, no varían en función del viaje o estado de carga. A continuación, se

<sup>30</sup> Véase: II.3.2.3.-Proceso Importación de Datos

explica cómo se hace la importación de estos datos, que se situarán en la hoja “TABLAS” del archivo de Microsoft Excel.

En primer lugar, se crea un archivo de texto con los datos que será la base de datos a importar. Este archivo contiene todos los datos separados por un espacio que establece la separación entre columnas. Para hacerlo se pueden copiar los datos desde el archivo pdf<sup>31</sup> a un archivo txt (por ejemplo, con el bloc de notas de Windows) y usando la herramienta “buscar y reemplazar” se reemplazan todos los puntos por comas, para que Excel las pueda interpretar correctamente al importar los datos.

T <sub>m</sub>	DISP <sub>t</sub>	DW <sub>t</sub>	LCB <sub>m</sub>	VCB <sub>m</sub>	LCF <sub>m</sub>	KMT <sub>m</sub>	MCT <sub>m/cm</sub>	TPC <sub>t/cm</sub>	CB	WLA <sub>m2</sub>	WSA <sub>m2</sub>
2.50	11203	159	101.38	1.29	100.70	33.47	493.3	48.0	0.734	4681	5164
2.60	11683	639	101.35	1.34	100.66	32.35	497.1	48.1	0.736	4696	5207
2.70	12165										
2.80	12649										
2.90	13134										
3.00	13620										
3.10	14108										
3.20	14597										
3.30	15087										
3.40	15578										
3.50	16071										
3.60	16565										
3.70	17059										
3.80	17555										
3.90	18052										
4.00	18550										
4.10	19048										
4.20	19548										
4.30	20049										
4.40	20551										
4.50	21053										
4.60	21557										
4.70	22061										
4.80	22566										
4.90	23072										
5.00	23579										
5.10	24087										
5.20	24596										

Fig. 60 Traslado de datos al archivo de texto para la importación (Elaboración propia)

Una vez realizado lo anterior, se usará la herramienta “Obtener datos externos” de Excel para importar los datos del archivo de texto y se indicará el tipo de separador (que en este caso es el espacio).

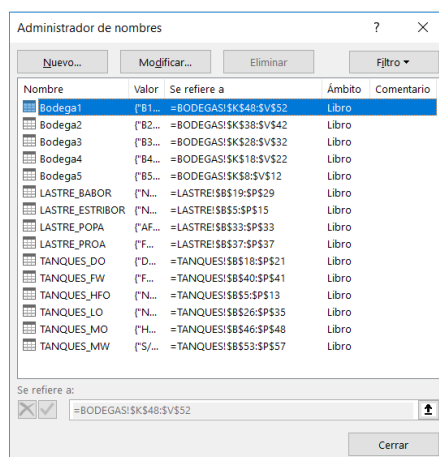
<sup>31</sup> Los datos de las tablas hidrostáticas y pantocarenas se obtienen de los manuales del buque (véase: V.3.2.-Tablas hidrostáticas y pantocarenas).



### III.1.3.- Uso de tablas, referencias estructuradas, botón formulario y fila de totales

Para realizar los cálculos asociados a los tanques (de lastre y de servicios) y bodegas del buque se usan tablas. Por tanto, este recurso está relacionado con dos de los procesos descritos anteriormente<sup>32</sup>.

Los tanques de lastre se agrupan en cuatro tablas distintas según su ubicación: babor, estribor, proa y popa. Los de servicios del buque se agrupan en otras seis tablas según su contenido: Fuel, gasóleo, aceites lubricantes, agua dulce, aceites sucios y aguas sucias. Se asignan nombres a las tablas para poder identificar las referencias estructuradas.



The screenshot shows a window titled 'Administrador de nombres' with a table listing various tables and their references. The table has five columns: 'Nombre', 'Valor', 'Se refiere a', 'Ámbito', and 'Comentario'. The rows include 'Bodega1' through 'Bodega5', 'LASTRE\_BABOR', 'LASTRE\_ESTRIBOR', 'LASTRE\_PROA', 'LASTRE\_POPA', 'TANQUES\_DO', 'TANQUES\_FW', 'TANQUES\_HFO', 'TANQUES\_LO', 'TANQUES\_MO', and 'TANQUES\_MW'. Each row shows a specific value and a reference to a cell in a worksheet. At the bottom, there is a section 'Se refiere a:' with a checkbox and a text box containing the reference '=BODEGAS!\$K\$48:\$V\$52'.

Nombre	Valor	Se refiere a	Ámbito	Comentario
Bodega1	"B1...	=BODEGAS!\$K\$48:\$V\$52	Libro	
Bodega2	"B2...	=BODEGAS!\$K\$38:\$V\$42	Libro	
Bodega3	"B3...	=BODEGAS!\$K\$28:\$V\$32	Libro	
Bodega4	"B4...	=BODEGAS!\$K\$18:\$V\$22	Libro	
Bodega5	"B5...	=BODEGAS!\$K\$8:\$V\$12	Libro	
LASTRE_BABOR	"N...	=LASTRE!\$B\$19:\$P\$29	Libro	
LASTRE_ESTRIBOR	"N...	=LASTRE!\$B\$5:\$P\$15	Libro	
LASTRE_PROA	"A...	=LASTRE!\$B\$33:\$P\$33	Libro	
LASTRE_POPA	"F...	=LASTRE!\$B\$37:\$P\$37	Libro	
TANQUES_DO	"D...	=TANQUES!\$B\$18:\$P\$21	Libro	
TANQUES_FW	"F...	=TANQUES!\$B\$40:\$P\$41	Libro	
TANQUES_HFO	"N...	=TANQUES!\$B\$5:\$P\$13	Libro	
TANQUES_LO	"N...	=TANQUES!\$B\$26:\$P\$35	Libro	
TANQUES_MO	"H...	=TANQUES!\$B\$46:\$P\$48	Libro	
TANQUES_MW	"S/...	=TANQUES!\$B\$53:\$P\$57	Libro	

Fig. 63 Listado de tablas (Elaboración propia)

Para introducir tanques en cada tabla o revisar sus datos se usa el botón formulario.

<sup>32</sup> Véase: *II.3.2.1.-Proceso Cálculo de Tanques* y *II.3.2.2.-Proceso Cálculo de Bodegas*

Fig. 64 Uso del botón formulario (Elaboración propia)

Cada tabla recoge el sumatorio de volúmenes, pesos, momentos LCG/TCG/VCG y momentos de superficies libres mediante la fila de totales. Los datos característicos de cada tanque o bodega se obtienen de los planos del buque<sup>33</sup>.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
2		TANQUES DE SERVICIO															
3		¡ATENCIÓN! AL INTRODUCIR LOS VALORES TCG DEBERÁ TENERSE EN CUENTA QUE EL PROGRAMA INTERPRETA VALORES POSITIVOS A ESTRIBOR Y NEGATIVOS A BORDA															
4		HEAVY FUEL OIL	ID	VOLUME	δ (T/m³)	%	SPL (m)	LCG	VCG	TCG	Volumen tot	Pesos	MTD LCG	MTD VCG	MTD TCG	SUPERF. LIBRE	
5		NO.1 HFO DEEP P	H01P	425,24	0,97	98,00	355,00	23,89	12,56	-9,91	433,90	410,36	9803,42	5154,08	-4066,63	0,00	
6		NO.1 HFO DEEP S	H01S	336,53	0,97	98,00	211,00	24,07	12,31	10,62	343,40	324,75	7816,77	3997,69	3448,86	0,00	
7		NO.2 HFO DEEP P	H02P	522,54	0,97	98,00	592,00	17,92	12,38	-9,46	533,20	504,25	9036,18	6242,63	-4770,22	0,00	
8		NO.2 HFO DEEP S	H02S	464,72	0,97	98,00	494,00	17,47	12,39	9,93	474,20	448,45	7834,51	5556,35	4453,16	0,00	
9		NO.1 HFO SERVICE TANK	HOSER1	44,30	0,97	98,00	4,00	22,40	13,50	7,19	45,20	42,75	957,50	577,07	307,34	0,00	
10		NO.2 HFO SERVICE TANK	HOSER2	44,30	0,97	98,00	4,00	20,80	13,50	7,19	45,20	42,75	889,11	577,07	307,34	0,00	
11		NO.1 HFO SETTLING TANK	HOSER1	44,30	0,97	98,00	4,00	24,00	13,50	7,19	45,20	42,75	1025,90	577,07	307,34	0,00	
12		NO.2 HFO SETTLING TANK	HOSER2	44,30	0,97	98,00	4,00	19,20	13,50	7,19	45,20	42,97	824,97	580,06	308,93	0,00	
13		HFO OVERFLOW TK	HOOV	0,00	0,97	0,00	27,00	22,69	1,31	3,19	38,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
14		Total		1926,21								1859,02	38188,35		3262,01	296,12	0,00
15																	
16																	
17		DIESEL OIL	ID	VOLUME	δ (T/m³)	%	SPL (m)	LCG	VCG	TCG	Volumen tot	Pesos	MTD LCG	MTD VCG	MTD TCG	SUPERF. LIBRE	
18		DO DEEP TANK S	DOS	163,17	0,86	98,00	211,00	14,20	15,65	11,76	166,50	140,33		2196,11	1650,24	0,00	
19		NO.1 DO SERVICE TANK	DOSER1	22,15	0,86	98,00	4,00	15,20	15,75	7,19	22,60	19,05		299,99	136,95	0,00	
20		NO.2 DO SERVICE TANK	DOSER2	22,15	0,86	98,00	4,00	12,00	15,75	7,19	22,60	19,05		299,99	136,95	0,00	
21		DO SETTLING TANK	DOSER1	22,15	0,86	98,00	4,00	13,60	15,75	7,19	22,60	19,05		299,99	136,95	0,00	
22		Total		229,61								197,47	2769,76		3096,09	2061,09	0,00

Fig. 65 Uso de la fila de totales (Elaboración propia)

En los cuadros que recogen los totales se hace una suma de los valores de las filas de totales de cada tabla usando las referencias estructuradas.

```
=LASTRE_ESTRIBOR[["#Totales"];[VOLUMEN]]+LASTRE_BABOR[["#Totales"];[VOLUMEN]]+LASTRE_POPA[["#Totales"];[VOLUMEN]]+LASTRE_PROA[["#Totales"];[VOLUMEN]]

=LASTRE_ESTRIBOR[["#Totales"];[Peso]]+LASTRE_BABOR[["#Totales"];[Peso]]+LASTRE_POPA[["#Totales"];[Peso]]+LASTRE_PROA[["#Totales"];[Peso]]

=LASTRE_ESTRIBOR[["#Totales"];[MTD LCG]]+LASTRE_BABOR[["#Totales"];[MTD LCG]]+LASTRE_POPA[["#Totales"];[MTD LCG]]+LASTRE_PROA[["#Totales"];[MTD LCG]]
```

<sup>33</sup> Véase: V.1.-Información del "Tank Plan" y V.2.-Anexo 2: Obtención de medidas sobre planos del buque

=LASTRE\_ESTRIBOR[[#Totales];[MTO TCG]]+LASTRE\_BABOR[[#Totales];[MTO TCG]]+LASTRE\_POPA[[#Totales];[MTO TCG]]+LASTRE\_PROA[[#Totales];[MTO TCG]]

=LASTRE\_ESTRIBOR[[#Totales];[MTO VCG]]+LASTRE\_BABOR[[#Totales];[MTO VCG]]+LASTRE\_POPA[[#Totales];[MTO VCG]]+LASTRE\_PROA[[#Totales];[MTO VCG]]

Fig. 66 Referencias estructuradas utilizadas para el cálculo de suma de totales (Elaboración propia)

### III.1.4.- Uso de tablas dinámicas

Utilizando las tablas dinámicas se agrupan los tanques laterales según su posición en la eslora. Para ello se crea una tabla dinámica de las tablas de tanques de babor y estribor dejando como valores los datos de volumen y volumen máximo. En la posición de filas se añaden los nombres de los tanques y en columnas las coordenadas longitudinales (LCG). De esta forma, al agrupar las columnas cada cierto valor de LCG (en este caso se ha agrupado cada 25 metros), todos los tanques con una posición longitudinal del centro de gravedad similar quedan representados en las mismas columnas y la fila de totales hace el promedio obteniendo la suma de volúmenes de llenado y volúmenes totales de tanques de cada una de las cinco posiciones.

En la siguiente figura se puede observar cómo se agrupan los tanques según la ubicación del centro de gravedad. En la mayoría de casos se agrupan de dos en dos debido a que se trata de la estructura en forma de “L” de un tanque de doble fondo y otro lateral, pero en el caso de los tanques situados en la quinta posición se incluyen también los de lavado de bodegas, que tienen un LCG parecido.

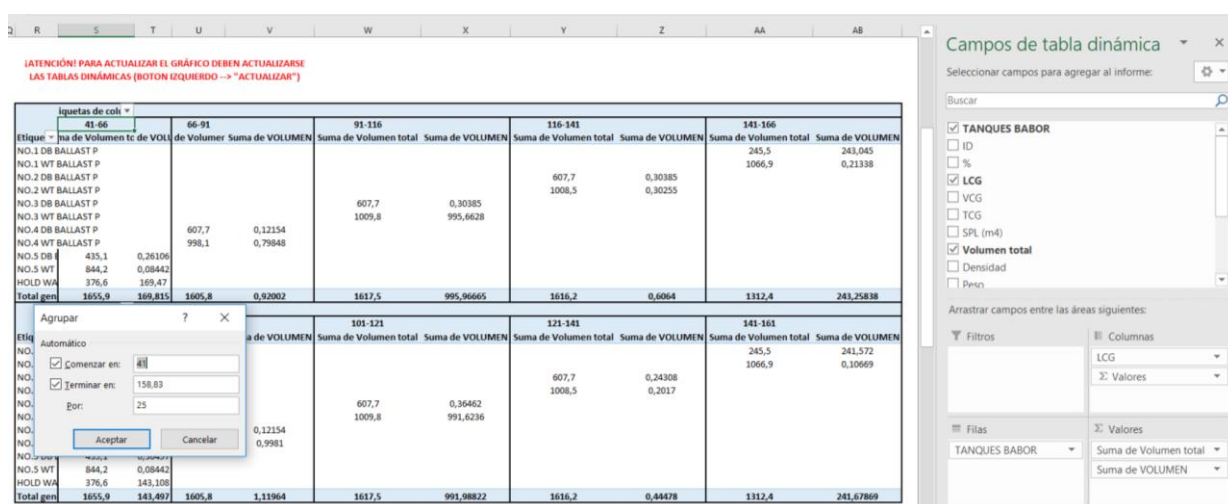


Fig. 67 Agrupación de tanques según su LCG mediante tablas dinámicas (Elaboración propia)

Los datos de las filas de totales en las tablas dinámicas son la suma de los volúmenes totales (máximos de capacidad) y volúmenes de llenado del conjunto de tanques de cada una de las cinco posiciones y se usan para transmitir esos valores al gráfico de



distribución de lastre situado en la hoja “GRAFICO”. Para cada grupo de tanques se divide el volumen de llenado por el volumen total y se multiplica por cien, obteniendo el porcentaje de llenado.

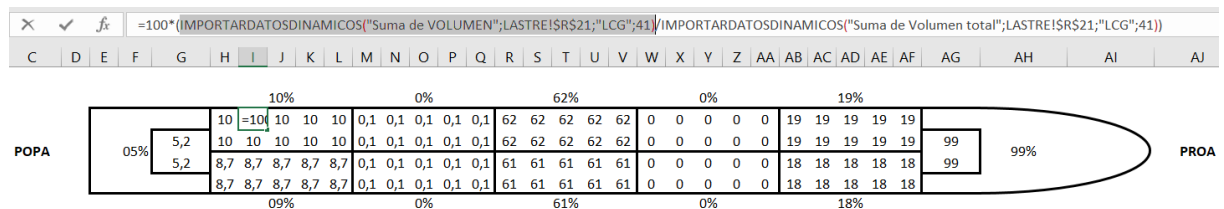


Fig. 68 Uso las tablas dinámicas para el cálculo de llenado de grupos de tanques de lastre (Elaboración propia)

### III.1.5.- Buscar datos e interpolar en una tabla

En la hoja “TABLAS”, se usa el método de interpolación<sup>34</sup> anteriormente explicado para entrar en las tablas hidrostáticas con el desplazamiento e interpolar para obtener los valores necesarios para los cálculos del programa. De ese modo se ejecutan las tareas 4 y 5 del proceso de importación de datos<sup>35</sup>.

En primer lugar, se buscan los valores por exceso y por defecto del desplazamiento, luego se buscan los valores por exceso y por defecto del dato a obtener y finalmente se ejecuta la regla de tres que aplica la interpolación.

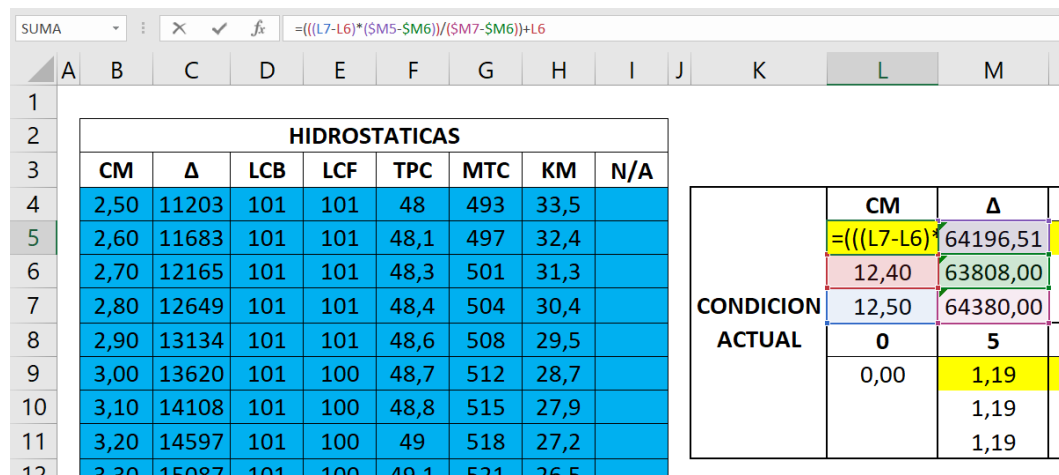


Fig. 69 Interpolación de datos de las tablas hidrostáticas (Elaboración propia)

<sup>34</sup> Véase: II.4.5.-Buscar datos e interpolar en una tabla

<sup>35</sup> Véase: II.3.2.3.-Proceso Importación de Datos



Entre los datos interpolados está el calado medio, que se usa para entrar en las tablas de pantocarenas y repetir el mismo proceso de interpolación con los datos de valores KN a diferentes escoras. De ese modo se ejecuta la tarea 6 del proceso de importación de datos<sup>36</sup>.

=(((M11-M10)*(\$L5-\$L6))/(\$L7-\$L6))+M10																													
G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD						
										datos disponibles: KM										PANTOCARENAS									
MTC	KM	N/A											CM/8	5	10	12	20	30	40	50	60	75	80	90	100	110	120	130	140
493	33,5	N/A	CONDICION ACTUAL	CM	Δ	LCB	LCF	TPC	MTC	KM	N/A																		
497	32,4			12,53	64544,42	96,57	88,94	57,30	796,65	13,68	0,00																		
501	31,3			12,50	64380,00	96,59	88,96	57,30	796,10	13,68	0,00																		
504	30,4			12,60	64953,00	96,52	88,89	57,30	798,00	13,68	0,00																		
508	29,5			0	5	10	12	20	30	40	50	60	75	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230
512	28,7		0,00	=(((M11-M10)*(\$L5-\$L6))/(\$L7-\$L6))+M10		2,39	2,87	4,79	6,80	8,61	9,89	10,61	10,84	11,06	11,28	11,50	11,72	11,94	12,16	12,38	12,60	12,82	13,04	13,26	13,48	13,70	13,92	14,14	14,36
515	27,9			1,19		2,39	2,87	4,80	6,81	8,62	9,90	10,61	10,84	11,06	11,28	11,50	11,72	11,94	12,16	12,38	12,60	12,82	13,04	13,26	13,48	13,70	13,92	14,14	14,36
518	27,2			1,19		2,39	2,87	4,79	6,78	8,59	9,87	10,59	10,83	11,05	11,27	11,49	11,71	11,93	12,15	12,37	12,59	12,81	13,03	13,25	13,47	13,69	13,91	14,13	14,35
521	26,5																												

Fig. 70 Interpolación de datos de las tablas pantocarenas (Elaboración propia)

### III.1.6.- Transformar diamantes de decisión en funciones SI()

#### III.1.6.1.- Diamantes de decisión y funciones “SI”

En el cálculo del punto indiferente de proa, la diferencia entre las dos coordenadas longitudinales ( $X_g - X_F$ ) calculada mediante fórmula, presenta un recorrido<sup>37</sup> muy amplio con posibilidad de valores tanto positivos como negativos. No obstante, el rango de valores admisibles es el comprendido entre cero (situación en que  $X_g = X_F$ ) y la propia diferencia entre los dos puntos considerados desde la perpendicular de popa ( $LCG - LCF$ ), con signo positivo. Por tanto, debe calcularse el punto indiferente ( $X_g$ ) de forma distinta en función del signo de la diferencia.

<sup>36</sup> Véase: II.3.2.3.-Proceso Importación de Datos

<sup>37</sup> Valores posibles.

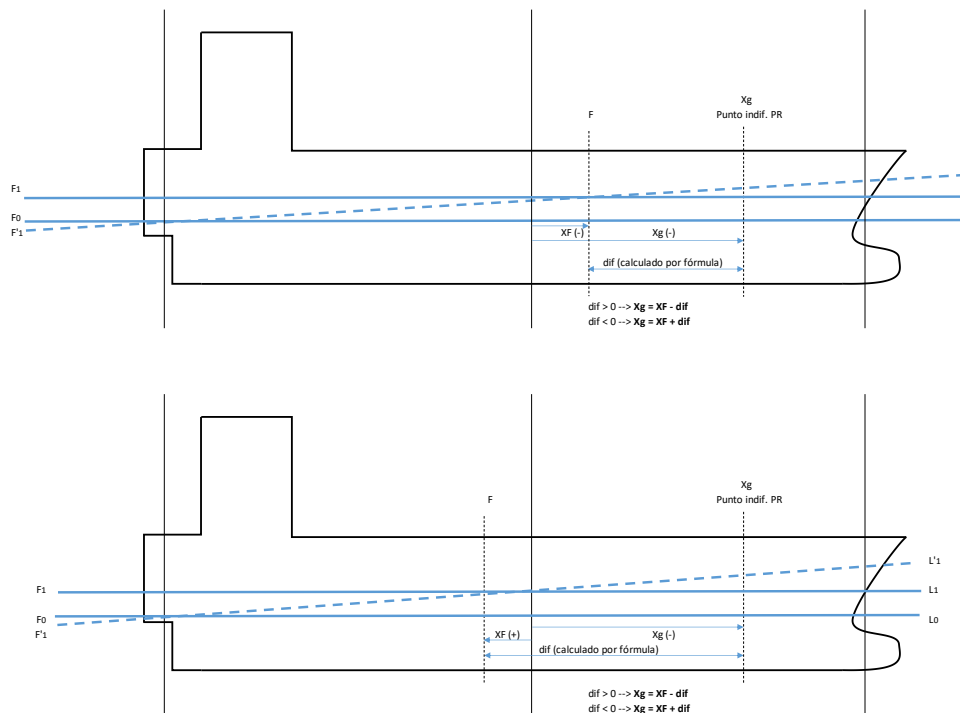


Fig. 71 Cálculo del punto indiferente de proa (Elaboración propia)

Por ello, debe tenerse en cuenta el siguiente filtro a aplicar:

1. Se calcula la diferencia ( $Xg - XF$ ) mediante fórmula, debido a que el valor  $Xg$  es desconocido.
2. Si el valor obtenido es positivo se le resta a  $XF$  para obtener el  $Xg$  ubicado más a proa.
3. En caso contrario, se suma la diferencia con valor negativo a  $XF$  para forzar el resultado coherente (valor  $Xg$  más negativo que  $XF$  por estar situado más a proa).

Este “tratamiento” de las diferencias de coordenadas se diagramaría de la siguiente manera:

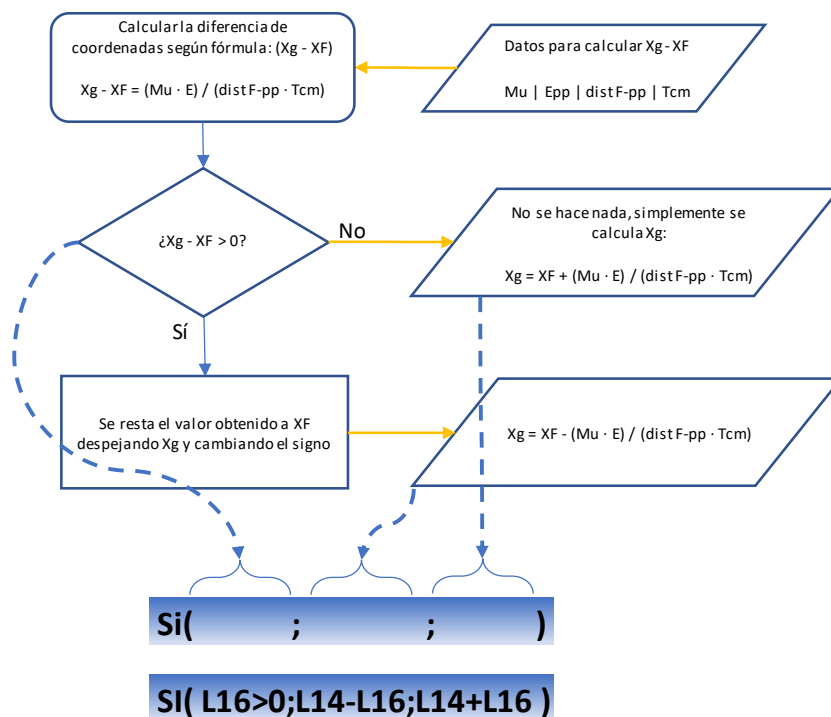


Fig. 72 Tratamiento en diamante de decisión mediante el uso de la función SI() (Elaboración propia)

En la celda L16 se calcula  $(Mu \cdot Epp) / (distF-pp \cdot Tcm)$  y la celda L14 contiene el valor de XF.

Este recurso hace referencia a las tareas 4, 5.2 y 5.3 y el diamante de decisión del flujograma del proceso “cálculo de puntos indiferentes”<sup>38</sup>.

### III.1.6.2.- Funciones SI() anidadas

A continuación, se muestra un ejemplo del uso de funciones SI() anidadas aplicado a la fórmula usada para definir el cumplimiento de uno de los criterios de estabilidad, que es el siguiente:

“El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de brazos GZ) entre los ángulos de escora de 30° y 40°, o entre 30° y  $\varphi_f$  si este ángulo es inferior a 40°, no será inferior a 0,03 metro-radián”

<sup>38</sup> Véase: II.3.2.5.-Proceso Cálculo de Puntos Indiferentes

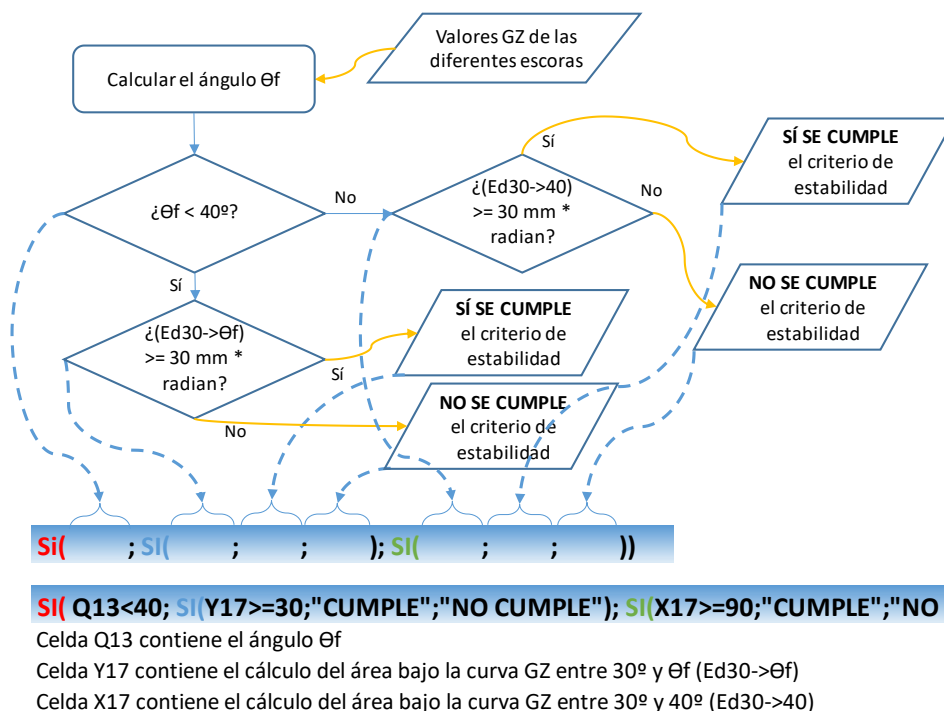


Fig. 73 Tratamiento en diamantes de decisión mediante el uso de la funciones SI() anidadas (Elaboración propia)

### III.1.7.- Uso de gráficos de líneas y de dispersión

#### III.1.7.1.- Gráficos de líneas

En la hoja "GRAFICO" se crean los gráficos para representar la altura de la carga dentro de la bodega. Debe establecerse que el límite máximo del eje vertical coincida con el puntal de las bodegas y aplicarse el formato para dejar únicamente la línea suavizada de los valores de altura de la carga. Finalmente se dibuja un plano longitudinal del buque mediante bordes y dibujando una forma curva para la proa y se ajustan los gráficos dentro de los espacios de las bodegas.

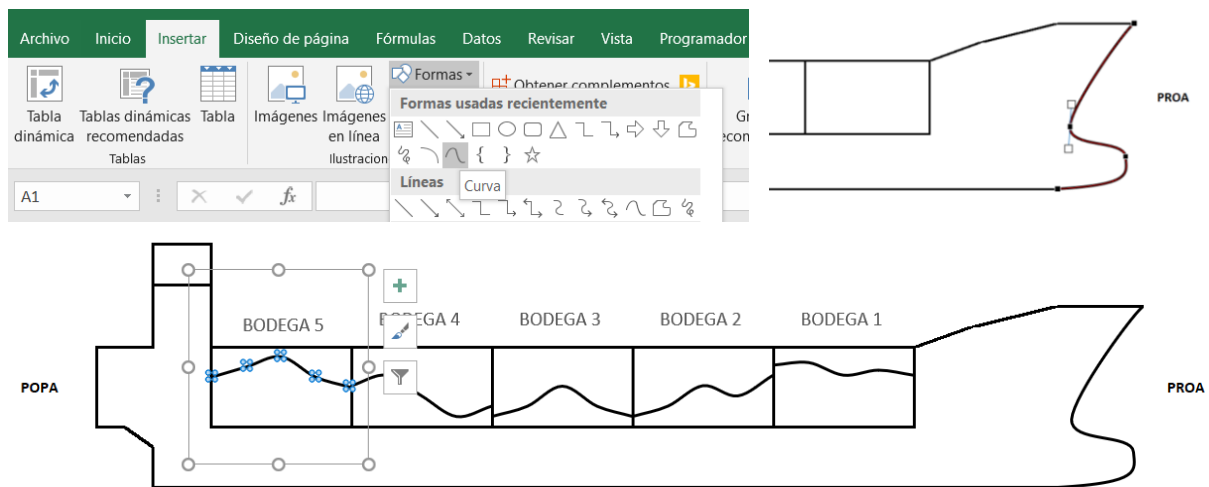


Fig. 74 Uso de gráficos de líneas para representar las bodegas de carga (Elaboración propia)

Para terminar, se crea otro gráfico de líneas con los datos del calado de proa y popa. Se aplica el formato de la misma manera que en el caso anterior y se ajusta de forma que coincidan los extremos de la recta a la altura aproximada de las perpendiculares de proa y popa creando así la representación de la línea de flotación. Finalmente, se usa una línea de tendencia lineal extrapolada por ambos extremos dándole un formato de línea punteado.

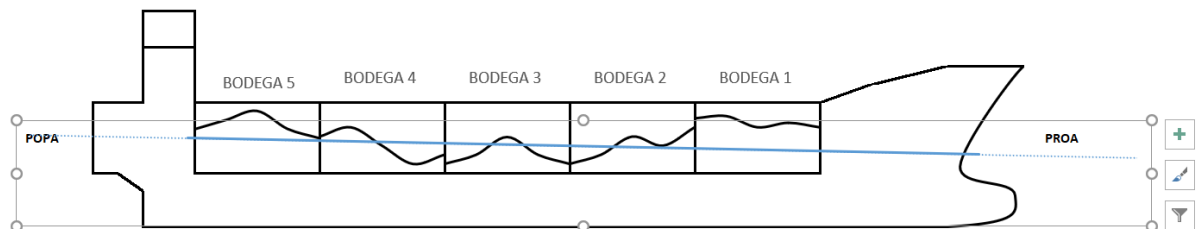


Fig. 75 Uso de gráficos de líneas para representar la línea de flotación (Elaboración propia)

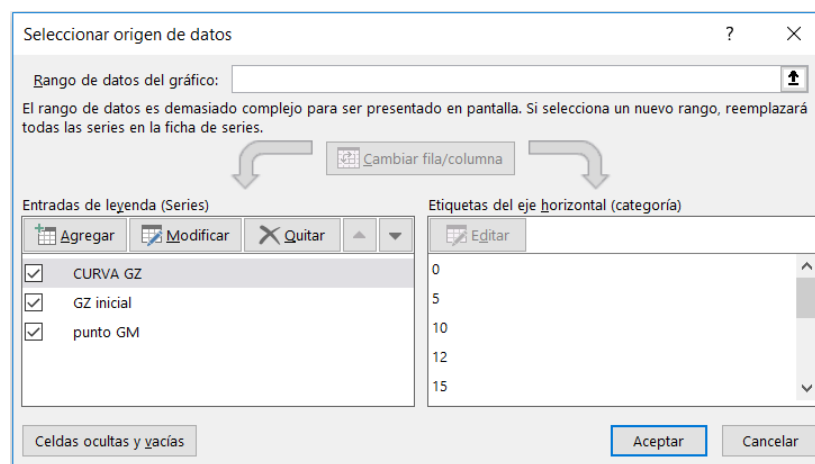
### III.1.7.2.- Gráficos de dispersión

Otra forma de aplicar los gráficos es la representación de la curva de brazos adrizantes GZ mediante el gráfico de dispersión. Con este recurso se ejecuta la tarea 7 del proceso “cálculos de estabilidad”<sup>39</sup>.

En el mismo gráfico se crean tres series de datos distintos: curva GZ, GZ inicial y punto GM.

<sup>39</sup> Véase: *II.3.2.6.-Proceso cálculos de estabilidad*

- la primera con los datos de los brazos adrizantes GZ para las diferentes escoras disponibles. Se representa con una línea de color azul.
- la segunda para crear una recta entre los valores de GZ inicial (de 0° a 15° de escora). Se aplica un formato que la haga invisible seleccionando la opción “sin línea” en formato.
- la tercera para representar el punto del valor de GM, que por definición es el que coincide alargando la recta del GZ inicial hasta un valor de escora de un radian. Los datos necesarios para representar este punto se obtendrán en el siguiente apartado.



**Fig. 76 Datos representados en el gráfico de dispersión (Elaboración propia)**

Una vez representada la curva de brazos adrizantes GZ se usa una línea de tendencia lineal sobre la segunda serie (GZ inicial), que se alargará mediante su interpolación para posteriormente encontrar el valor del GM en la gráfica. Se selecciona la opción para mostrar la función de la recta. El aspecto obtenido es el que se observa en la siguiente figura.

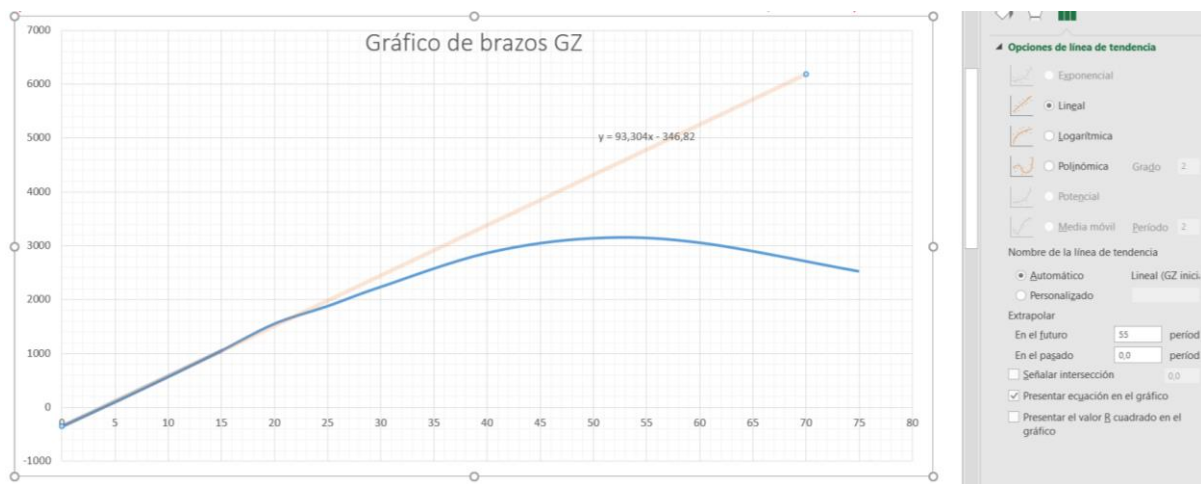


Fig. 77 Línea de tendencia de la serie GZ inicial (Elaboración propia)

### III.1.8.- Uso de la función PENDIENTE() e INTERSECCION.EJE()

Para saber el valor del GM sobre la gráfica se calcula la recta de GZ inicial entre cero y quince grados de forma numérica utilizando las funciones PENDIENTE() e INTERSECCION.EJE() mediante las cuales se puede obtener la función de la recta y con ella el valor de GZ correspondiente a una escora de un radian (que equivale a 57,3 grados). Simplemente deben sustituirse el valor de la pendiente de la recta ("m") y el de la función intersección ("b") en la ecuación de la recta:

$$y = m \cdot x + b$$

$$y = [\text{valor función PENDIENTE}()] \cdot 57,3 + [\text{valor función INTERSECCION.EJE}()]$$

Ese valor de GZ debe coincidir de forma aproximada con el GM hallado en los cálculos de estabilidad. Para representar este punto en el gráfico (que corresponde a la tercera serie llamada "punto GM") se añaden una recta horizontal y otra vertical hasta el punto calculado tomando como datos cuatro celdas que contienen los valores necesarios (valor GM calculado en el eje vertical y valor 57,3 en el horizontal). Esas celdas se ocultan mediante el formato de celdas personalizado que permite ocultar el texto explicado con anterioridad. Finalmente, se ajusta la extrapolación de la línea de tendencia creada anteriormente para que termine coincidiendo con el punto de GM calculado.

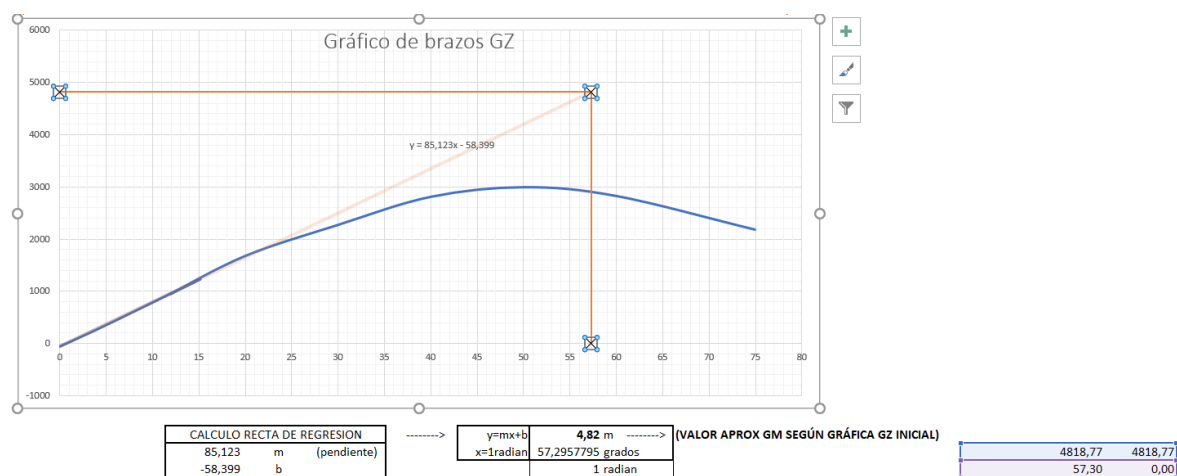


Fig. 78 Representación del valor de GM en el gráfico de dispersión (Elaboración propia)

### III.1.9.- Uso de la validación de datos, formato condicional, y la protección de hojas para el tratamiento y protección de las entradas y las salidas

#### III.1.9.1.- Validación de datos

La validación de datos se utilizará en varias ocasiones. A continuación, se indican todas las partes de la hoja en las que se aplica.

Una primera aplicación se encuentra en el proceso de importación de datos. El usuario debe poder decidir entre usar los valores de KB y BM o directamente los de KM<sup>40</sup> y eso se consigue aplicando la validación de datos en una casilla de la hoja "TABLAS" para que contenga las dos opciones mediante una lista desplegable. Una vez aplicada la validación de datos en esa celda, mediante funciones condicionales SI() se establece si el resultado a mostrar en otras celdas es una opción u otra según sea el contenido de la celda que se ha seleccionado.

Celdas H3 y R4 → =SI(S2="KM";"KM";"KB")

Celdas I3 y S4 → =SI(S2="KM";"N/A";"BM")

<sup>40</sup> Véase: II.3.3.2.-Opciones de configuración a disposición del usuario



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					

Fig. 79 Uso de la validación de datos en la elección entre KM o KB+BM (Elaboración propia)

Otra aplicación es la de limitar el valor que puede adoptar la celda. En el caso de los valores de altura de la carga en bodega se establece como límite el valor del puntal de bodega menos un margen de seguridad impuesto por el propio usuario que se puede ajustar cambiando el valor de otra celda destinada a establecer ese límite<sup>41</sup>.

En la siguiente figura se observa la aplicación de validación de datos sobre las celdas de altura de la carga en bodega para limitar su valor máximo y el mensaje que impide al usuario introducir valores no válidos. De esta manera se da cumplimiento a las recomendaciones de la OMI, que establecen que el programa debe alertar en caso de existir entradas o salidas fuera de los límites esperados<sup>42</sup>.

<sup>41</sup> Véase: *II.3.3.2.-Opciones de configuración a disposición del usuario*

<sup>42</sup> Véase: IMO\_MSC Circ.854 apartado 3.4 (IMO MSC, 2018)

The figure consists of three screenshots of an Excel spreadsheet and its data validation dialog boxes.

**First Screenshot:** Shows the 'Validación de datos' dialog box with the 'Configuración' tab selected. The 'Criterio de validación' is set to 'Permitir: Decimal' and 'Omitir blancos' is checked. The 'Máximo' value is set to '= \$G\$33 - INICIO!/\$K\$7'. The spreadsheet shows data for 'BODEGA 5' and 'BODEGA 4' with columns for VOLUMEN, VCG, ESLOA, PUNTA, MANGA, ZONA BODEGA, FE (T/m²), and ALTURA.

**Second Screenshot:** Shows the 'Validación de datos' dialog box with the 'Mensaje de error' tab selected. The 'Mostrar mensaje de alerta si el usuario introduce datos no válidos' checkbox is checked. The 'Mensaje de error' is titled 'Valor de altura no permitido' and contains the text: 'El valor de altura de carga supera el máximo permitido. La altura debe ser inferior al valor del puntal de bodega menos el margen superior de seguridad (ver celda K7 de "INICIO")'.

**Third Screenshot:** Shows the spreadsheet with a data entry error highlighted in red. A custom error message box appears over the cell, displaying the text: 'Valor de altura no permitido. El valor de altura de carga supera el máximo permitido. La altura debe ser inferior al valor del puntal de bodega menos el margen superior de seguridad (ver celda K7 de "INICIO")'.

Fig. 80 Restricción del rango de valores mediante el uso de validación de datos (Elaboración propia)

### III.1.9.2.- Formato condicional

Para representar el nivel de llenado de los tanques y bodegas se usa un formato condicional en las celdas de tipo escala de color, de modo que según el valor de la celda entre cero y cien tenga un tono más claro o más oscuro. Para que funcione el formato condicional, cada celda debe contener el valor del tanto por cien de llenado que adquiere mediante una referencia cruzada. Para que no se visualicen los valores se usa el formato de celdas personalizado<sup>43</sup>. Aunque se oculte el valor de la celda visualmente, éste permanece activo y cumpliendo las funciones del formato condicional.

<sup>43</sup> Véase: *II.4.9.-Uso de la validación de datos, formato condicional, y la protección de hojas para el tratamiento y protección de las entradas y las salidas*

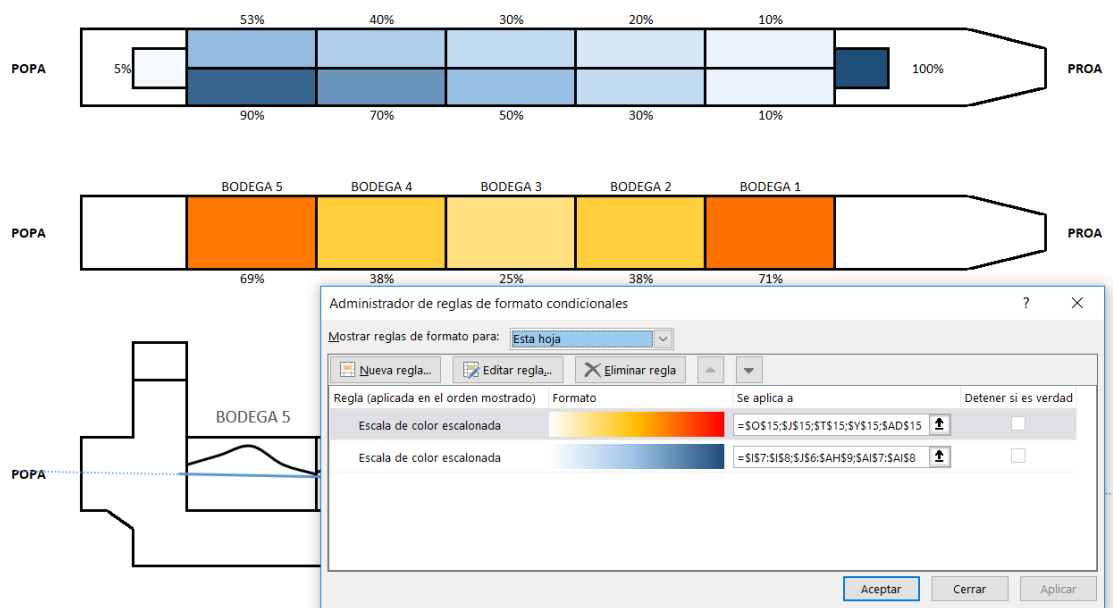


Fig. 81 Uso del formato condicional para indicar niveles de llenado de tanques y bodegas (Elaboración propia)

### III.1.9.3.- Protección de hojas

El programa se adapta a las recomendaciones de la OMI que establecen que ciertos datos, así como el propio programa, debe estar protegido contra su alteración por parte del usuario<sup>44</sup>. Para ello, una vez finalizadas todas las hojas se protegen con las celdas que contienen fórmulas bloqueadas<sup>45</sup>.

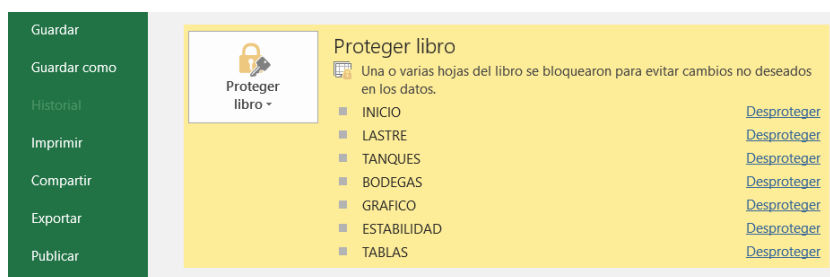


Fig. 82 Listado en el panel "Archivo" de Excel que contiene las hojas protegidas (Elaboración propia)

<sup>44</sup> Véase: IMO\_MSC Circ.854 apartado 2.2 (IMO MSC, 2018)

<sup>45</sup> Véase: *II.4.9.-Uso de la validación de datos, formato condicional, y la protección de hojas para el tratamiento y protección de las entradas y las salidas*

## IV.- CONCLUSIONES

La Hoja de cálculo diseñada aplicando la **metodología** cumple con las hipótesis de resultado propuestas:

1. El programa es fácil de manejar y editar por usuarios con conocimientos básicos de Excel.
2. La entrada de datos está situada en una zona aparte y debidamente protegida contra los valores no válidos.
3. La salida de resultados y los cálculos se pueden proteger y desproteger.
4. El programa tiene en cuenta la variación de los LCG de las bodegas en función de la distribución de la carga.
5. El programa permite simular cualquier condición del buque variando los datos de pesos de la carga, lastre y otros tanques de combustible, aguas, etc.
6. El programa cumple con los requisitos impuestos por la IMO e IACS.

## Referencias citadas

---

**Ayden Marine. 2016.** Ayden Marine - Maritime Software Solutions. [En línea] 2016. <http://www.aydenmarine.com/products.aydenload.html>.

**Castells Sanabra, Marcel·la. 2014.** Apuntes y ejercicios de clase de la asignatura "Teoría del Buque". 2014.

**IACS. 1997.** International Association of Classification Societies. *Recommendations on Loading Instruments No.48*. [En línea] 1997. [Citado el: 25 de 06 de 2018.] <http://www.iacs.org.uk/download/1986>.

**IMO. 2018.** IMO Virtual Publications. [En línea] 2018. THE INTERNATIONAL CODE ON INTACT STABILITY. <http://vp.imo.org>. IS08A020ABA.

**IMO MSC. 2018.** IMO Virtual Publications. [En línea] 2018. [Citado el: 25 de 06 de 2018.] MSC/Circ.836 - RECOMMENDATION ON LOADING INSTRUMENTS. <https://vp.imo.org/MSCC836ACI>.

—. **2018.** IMO Virtual Publications. [En línea] 2018. [Citado el: 25 de 06 de 2018.] MSC/Circ.854 - GUIDELINES FOR SHIPBOARD LOADING AND STABILITY COMPUTER PROGRAMS. <https://vp.imo.org/MSCC854ACI>.

—. **2018.** IMO Virtual Publications. [En línea] 2018. [Citado el: 25 de 06 de 2018.] MSC/Circ.891 - GUIDELINES FOR THE ON-BOARD USE AND APPLICATION OF COMPUTERS. <https://vp.imo.org/MSCC891ACI>.

**ISO. 2018.** International Organization for Standardization. [En línea] 2018. [Citado el: 25 de 06 de 2018.] <https://www.iso.org/>. ISO 16155.

**Martínez García, José Iván. 2018.** Apuntes Teoría del Buque - Tema 3: Operaciones con pesos. *Universidad de Cantabria (UNICAN)*. [En línea] 2018. <http://personales.gestion.unican.es/martinji/Archivos/MovPesos.pdf>.

**Microsoft. 2018.** Centro de ayuda de Excel. [En línea] 2018. <https://support.office.com/es-ES/excel>.

**Olivella Puig, Joan. 1994.** *Teoría del buque. Flotabilidad y estabilidad*. Barcelona : Edicions UPC, 1994. ISBN 84-7653-452-3.

**Pardo Álvarez, J.M.** *Configuración y usos del mapa de procesos*. s.l. : AENOR. 978-84-8143-796-6.

**Rubio Medina, Miguel. 2010.** EL CÓDIGO ISM: EVALUACIÓN DE SU IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO. JUICIO CRÍTICO Y RECOMENDACIONES. Barcelona : UPCommons, 2010. págs. 17-23.

**Sánchez Díaz de la Campa, Francisco José. 2018.** Máster en Ingeniería Náutica y Gestión Marítima. *Asignaturas "Formación Investigadora" y "Sistemas Integrados de Gestión"*. Santander : s.n., 2018.

**Spar Shipping AS. 2018.** sparshipping. [En línea] 2018. <http://www.sparshipping.com/>.

## V.- ANEXOS

### V.1.- Anexo 1: Información del “Tank Plan”

NOTES TO TANK CAPACITY LIST:

#### TANK CAPACITIES

2% STEEL REDUCTION IN ALL TANKS  
REFERENCE POINT FOR LCG IS FRAME 0  
REFERENCE POINT FOR VCG IS B.L.  
REFERENCE POINT FOR TCG IS C.L., STARBOARD SIDE NEGATIVE

NO	CARGO HOLDS SPG = 0.776 T/m3	FRAME NO.	HATCH EXT. NO.	NET. VOL.		LCG	TCG	VCG	GRAIN H.MOM
			M	100 %	98 %				
CH1	NO. 1 CARGO HOLD	180-219	—	12437.9	12189.1	158.60	0.00	10.12	24600
CH2	NO. 2 CARGO HOLD	144-181	—	13347.0	13080.0	130.02	0.00	10.21	30300
CH3	NO. 3 CARGO HOLD	108-145	—	13348.7	13081.8	101.22	0.00	10.21	30300
CH4	NO. 4 CARGO HOLD	72-109	—	13346.9	13080.0	72.42	0.00	10.21	30300
CH5	NO. 5 CARGO HOLD	34-73	—	13271.5	13006.1	43.26	0.00	10.52	28400
TOTAL	CARGO HOLDS			65752.0	64437.0				

TANK MARKS ON HULL	WATER BALLAST SPG = 1.025 T/m3	FRAME NO.	HEIGHT	NET. VOL.		LCG	TCG	VCG	F.S. MOMENT
			M	100 %	98 %				
FPT	FORE PEAK WB TANK	219-233	S-17.5	1874.3	1836.8	179.02	0.00	9.30	3769
DB1P	NO. 1 DB WB TANK P	182-219	S-1.8	245.5	240.6	157.12	5.15	0.91	448
DB1S	NO. 1 DB WB TANK S	182-219	S-1.8	245.5	240.6	157.12	-5.15	0.91	448
WT1P	NO. 1 WING WB TANK P	181-219	S-17.5	1066.9	1045.5	158.82	12.75	7.18	1382
WT1S	NO. 1 WING WB TANK S	181-219	S-17.5	1066.9	1045.5	158.82	-12.75	7.18	1382
DB2P	NO. 2 DB WB TANK P	146-182	S-1.8	607.7	595.6	132.91	7.49	1.24	2680
DB2S	NO. 2 DB WB TANK S	146-182	S-1.8	607.7	595.6	132.91	-7.49	1.24	2680
WT2P	NO. 2 WING WB TANK P	145-182	S-17.5	1008.5	988.3	130.60	14.86	8.90	91
WT2S	NO. 2 WING WB TANK S	145-182	S-17.5	1008.5	988.3	130.60	-14.86	8.90	90
DB3P	NO. 3 DB WB TANK P	110-146	S-1.8	607.7	595.6	104.11	7.49	1.24	2680
DB3S	NO. 3 DB WB TANK S	110-146	S-1.8	607.7	595.6	104.11	-7.49	1.24	2680
WT3P	NO. 3 WING WB TANK P	109-146	S-17.5	1009.8	989.6	101.82	14.86	8.89	91
WT3S	NO. 3 WING WB TANK S	109-146	S-17.5	1009.8	989.6	101.82	-14.86	8.89	91
DB4P	NO. 4 DB WB TANK P	74-110	S-1.8	607.7	595.6	75.31	7.49	1.24	2680
DB4S	NO. 4 DB WB TANK S	74-110	S-1.8	607.7	595.6	75.31	-7.49	1.24	2680
WT4P	NO. 4 WING WB TANK P	73-110	S-17.5	998.1	978.2	73.13	14.85	8.98	89
WT4S	NO. 4 WING WB TANK S	73-110	S-17.5	998.1	978.2	73.13	-14.85	8.98	89
DB5P	NO. 5 DB WB TANK P	34-74	S-1.8	435.1	426.4	49.43	6.38	1.38	1485
DB5S	NO. 5 DB WB TANK S	34-74	S-1.8	435.1	426.4	49.43	-6.38	1.38	1485
WT5P	NO. 5 WING WB TANK P	34-74	S-13.5	844.2	827.3	41.00	12.97	5.76	877
WT5S	NO. 5 WING WB TANK S	34-74	S-13.5	844.2	827.3	41.00	-12.97	5.76	877
CHWA-P	CARGO HOLD WASH WATER-P	34-74	13.5-17.5	376.6	369.1	42.71	14.54	15.71	96
CHWA-S	CARGO HOLD WASH WATER-S	34-74	13.5-17.5	376.6	369.1	42.71	-14.54	15.71	96
APT	AFT PEAK WB TANK	(-5)-10	5.5-13.5	642.2	629.4	2.33	0.00	11.53	8332
CH3	CARGO HOLD 3 (BW HOLD)	108-145	1.8-19.85	13348.7	13081.8	101.22	0.00	10.21	63150
TOTAL	WATER BALLAST			31480.6	30851.0				

TANK MARKS ON HULL	FRESH WATER SPG = 1.000 T/m3	FRAME NO.	HEIGHT	NET. VOL.		LCG	TCG	VCG	F.S. MOMENT
			M	100 %	98 %				
FWP	FW TANK P	(-5)-2	13.5-17.5	119.5	117.1	-0.81	8.22	15.85	87
FWS	FW TANK S	(-5)-2	13.5-17.5	119.5	117.1	-0.81	-8.22	15.85	87
TOTAL	FRESH WATER			239.1	234.3				

TANK MARKS ON HULL	HEAVY FUEL OIL SPG = 0.950 T/m <sup>3</sup>	FRAME NO.	HEIGHT	NET. VOL.		LCG	TCG	VCG	F.S. MOMENT
			M	100 %	98 %				
HO1P	NO. 1 HFO DEEP TANK P	27-33	6.2-17.5	433.9	425.3	23.89	9.91	12.56	353
HO1S	NO. 1 HFO DEEP TANK S	27-33	6.2-17.5	343.4	336.5	24.07	-10.62	12.31	210
HO2P	NO. 2 HFO DEEP TANK P	14-27	6.2-17.5	533.2	522.5	17.92	9.46	12.38	592
HO2S	NO. 2 HFO DEEP TANK S	14-27	6.2-17.5	474.2	464.7	17.47	-9.93	12.39	494
HOSER1	NO. 1 HFO SERVICE TANK	27-29	9.0-17.5	45.2	44.3	22.40	-7.19	13.50	4
HOSER2	NO. 2 HFO SERVICE TANK	25-27	9.0-17.5	45.2	44.3	20.80	-7.19	13.50	4
HOSET1	NO. 1 HFO SETTLING TANK	29-31	9.0-17.5	45.2	44.3	24.00	-7.19	13.50	4
HOSET2	NO. 2 HFO SETTLING TANK	23-25	9.0-17.5	45.2	44.3	19.20	-7.19	13.50	4
HOOV	HFO OVER FLOW TANK	22-33	2.15	38.5	37.7	22.69	-3.19	1.31	27
TOTAL				2003.9	1963.9				

TANK MARKS ON HULL	DIESEL OIL SPG = 0.850 T/m <sup>3</sup>	FRAME NO.	HEIGHT	NET. VOL.		LCG	TCG	VCG	F.S. MOMENT
			M	100 %	98 %				
DOS	DO DEEP TANK S	14-21	13.5-17.5	166.4	163.1	14.20	-11.77	15.65	210
DOSET	DO SETTLING TANK	16-18	13.5-17.5	22.6	22.2	13.60	-7.19	15.75	4
DOSER2	NO. 2 DO SERVICE TANK	14-16	13.5-17.5	22.6	22.2	12.00	-7.19	15.75	4
DOSER1	NO. 1 DO SERVICE TANK	18-20	13.5-17.5	22.6	22.2	15.20	-7.19	15.75	4
TOTAL				234.2	229.6				

TANK MARKS ON HULL	LUBE OIL TANKS SPG = 0.900 T/m <sup>3</sup>	FRAME NO.	HEIGHT	NET. VOL.		LCG	TCG	VCG	F.S. MOMENT
			M	100 %	98 %				
LOST1	NO. 1 ME LO STOR. TANK	8-9	9.0-13.5	17.1	16.8	6.81	-8.43	11.77	29
LOST2	NO. 2 ME LO STOR. TANK	9-10	9.0-13.5	18.7	18.4	7.61	-8.57	11.69	33
CYL1	NO. 1 CYL.OIL STOR.TK.	10-11	9.0-13.5	20.2	19.8	8.4	-8.72	11.63	36
CYL2	NO. 2 CYL.OIL STOR.TK.	11-13	9.0-13.5	44.4	43.6	9.62	-8.94	11.56	81
SUMP	LO SUMP TANK	18-27	0.9-2.15	16.1	15.8	18.00	0.00	1.31	7
LO AUX1	NO 1 LO A/E TANK	2-3	13.5-17.5	4.3	4.2	2.00	-3.2	15.65	0
LO AUX2	NO 2 LO A/E TANK	2-3	13.5-17.5	4.3	4.2	2.00	-4.8	15.65	0
LOS	LO STERN TUBE TANK.	1-2	15.5-17.5	2.0	2.0	1.20	2.9	14.80	0
CYLS1	NO. 1 CYL.OIL SER.TK.	33-34	13.5-16.5	0.8	0.7	26.20	2.8	14.50	0
CYLS2	NO. 2 CYL.OIL SER.TK.	33-34	13.5-16.5	0.8	0.7	26.20	3.6	14.50	0
TOTAL				128.7	126.1				

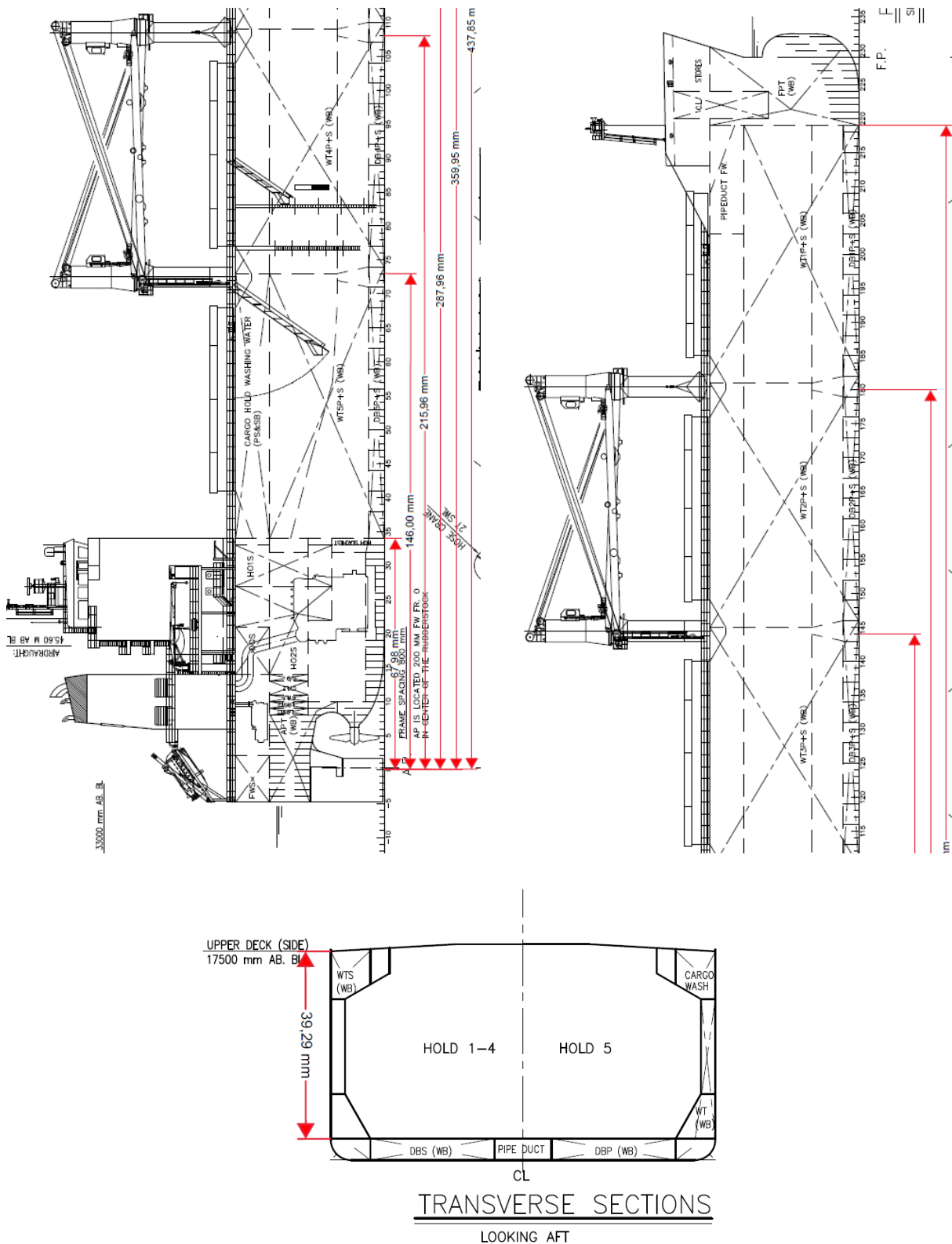
TANK MARKS ON HULL	MISCELLANEOUS WATER TANKS SPG = 1.000 T/m <sup>3</sup>	FRAME NO.	HEIGHT	NET. VOL.		LCG	TCG	VCG	F.S. MOMENT
			M	100 %	98 %				
BWH	BILGE WATER HOLDING TK.	24-34	S-2.15	35	34.3	23.4	3.18	1.27	21
FWD	FEED WATER TANK	13-17	S-2.15	17.4	17.1	11.95	-0.18	1.34	20
SEW	SEWAGE HOLDING TANK	8-14	9.0-13.5	124.6	122.1	8.96	8.82	11.61	224
FWDR	FW DRAIN TANK	16-17	S-2.15	3.1	3.0	13.21	1.03	1.28	1
STC	STERN COOLING WATER TK	7-10	S-5.5	8.8	8.6	7.26	-0.00	3.23	2
TOTAL				188.9	185.2				

TANK MARKS ON HULL	MISCELLANEOUS OIL TANKS SPG = 1.000 T/m <sup>3</sup>	FRAME NO.	HEIGHT	NET. VOL.		LCG	TCG	VCG	F.S. MOMENT
			M	100 %	98 %				
HODR	HFO DRAIN TANK	18-22	S-2.15	4.9	4.8	16.23	-2.45	1.5	1
SLUD	SLUDGE OIL TANK	18-24	S-2.15	9.1	8.9	17.25	2.56	1.46	2
STDR	STERN TUBE DRAIN TANK	10-12	S-2.15	4.5	4.4	8.89	0.00	1.58	3
TOTAL				18.5	18.1				



## V.2.- Anexo 2: Obtención de medidas sobre planos del buque

(Plano original a escala 1:400)



## V.3.- Anexo 3: Datos generales del manual de lastres y el manual de estabilidad

### V.3.1.- “Ship particulars”

#### 3 VESSEL PARTICULARS

##### 3.1 Ballast Water Management Officer

The appointed ballast water management officer is the Chief Officer.

##### 3.2 Ship Data

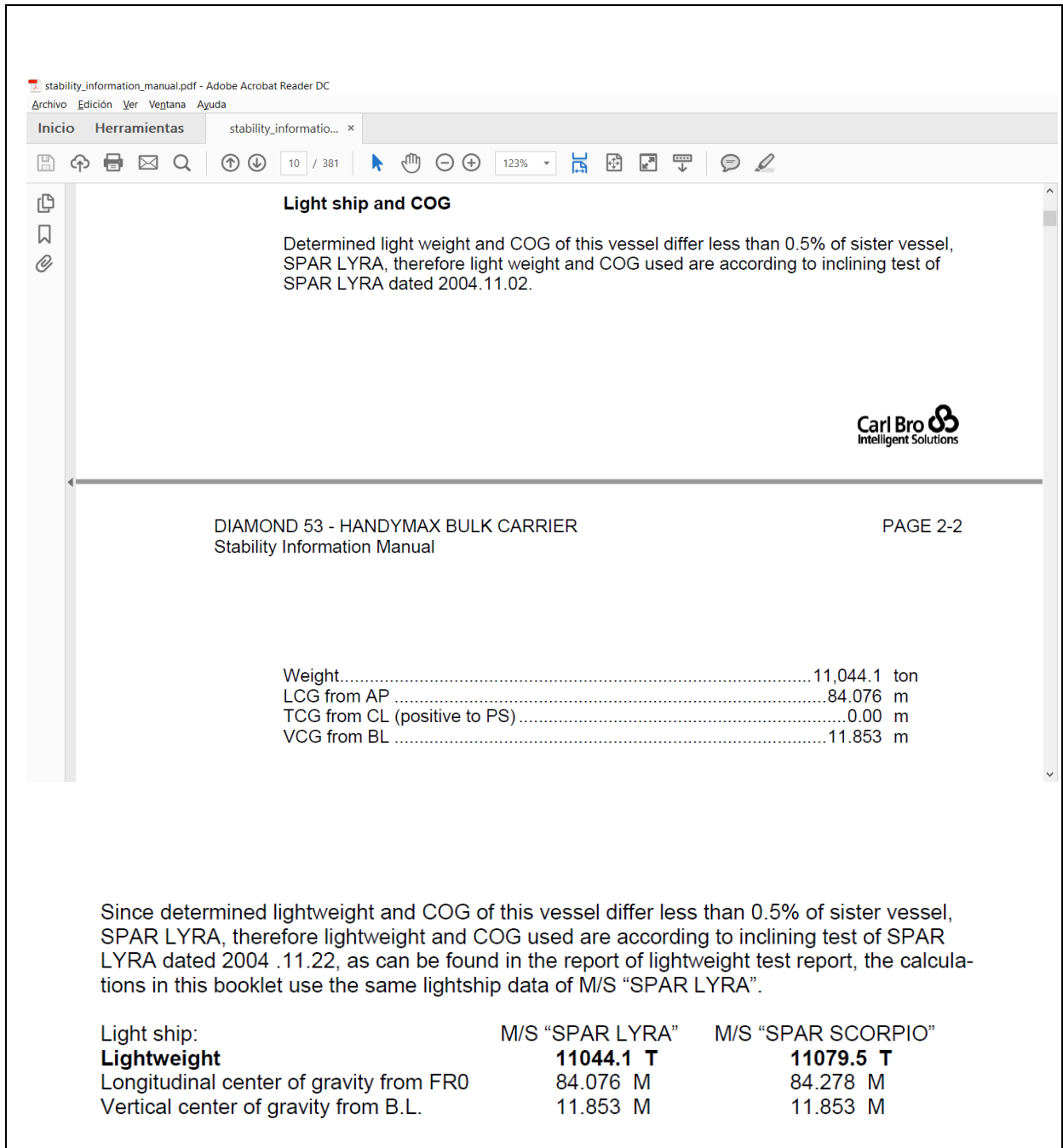
Name of Ship	M/S SPAR SCORPIO	
DNV ID no.	D25303	
IMO Number	9307578	
Flag	NIS	
Call Sign	LAFN6	Official No.: -
Builder	ChengXi Shipyard	
Hull No.	CX4209, keel laying date: 2006.05.29	
Type of Ship	Handymax Bulk Carrier	
Class and Notation	Det Norske Veritas: ✱1A1 Bulk Carrier ESP ES(D) NAUTICUS (New Building) BC-A(Holds No. 2, 4 or 3 may be empty) GRAIN-U EO DK (+) HA(+) IB(+) TMON	
Length overall	190.00 m	
Length B.P.*	183.05 m (CL rudderstock to FP)	
Breadth Moulded	32.26 m	
Depth Moulded	17.50 m	
Maximum Draft	12.54 m	
Tonnage (international)	Gross 32474	Net 17790
Deadweight	53,565 t at 12.54 m draught	
Design Speed (knots)	14.0 kn	
Number of Hatches/Holds	5	
Hatch Dimensions (LxB)	CH1: 19.20 x 22.40	
	CH 2-5: 21.60 x 22.40	

DIAMOND 53 – BALLAST WATER MANUAL

Page 3-2

Hold Dimensions (LxBxD)	CH1:	30.40 x 29.86 x 15.70
	CH 2-4:	28.80 x 29.86 x 15.70
	CH5:	31.20 x 29.86 x 15.70

- The rudderstock is 200 mm forward of frame 0. For all calculations of stability, conditions etc. frame 0 is used as reference point and Lpp is taken as 183.25 m.



## V.3.2.- Tablas hidrostáticas y pantocarenas

Carl Bro a/s - DMC  
NAPA/D/HYD/040506  
P40357500/CXS4204  
P40357500

MS SPAR LYRA  
HYDROSTATIC DATA  
TRIM = 0

DATE 2006-03-28  
TIME 08:33  
USER JAN  
Page 8-4

### MAIN CHARACTERISTICS OF THE VESSEL:

Length betw. perpendiculars	183.25	m
Breadth, moulded	32.26	m
Design draught	12.50	m
X-coord. of after perpendicular	0.00	m
X-coord. of reference point	91.63	m
X-coord. of midship section	91.63	m
X-coord. of building frame 0	0.00	m
Thickness of keelplate	0.022	m
Mean thickness of shell plating	0.016	m
Density of water	1.0250	ton/m3

Calculations are based on STABHULL date 2004-10-15 time 14:36

X-coord. of aft end of DWL	-3.85	m
X-coord. of fore end of DWL	183.25	m

calc. sections 604

### EXPLANATION OF SYMBOLS:

T	draught, moulded	m
DISP	total displacement	t
DW	deadweight	t
LCB	longitudinal centre of buoyancy	m
VCB	vertical center of buoyancy	m
LCF	long. centre of flotation	m
KMT	transv. metac. height	m
MCT	moment to change trim	tm/cm
TPC	change of displacement/change of draught	t/cm
CB	block coefficient	
WLA	waterline area	m2
WSA	wetted surface area	m2

Carl Bro a/s - DMC  
NAPA/D/HYD/040506  
P40357500/CXS4204  
P40357500

MS SPAR LYRA  
HYDROSTATIC DATA  
TRIM = 0

DATE 2006-03-28  
TIME 08:33  
USER JAN  
Page 8-5

T	DISP	DW	LCB	VCB	LCF	KMT	MCT	TPC	CB	WLA	WSA
m	t	t	m	m	m	m	tm/cm	t/cm		m2	m2
2.50	11203	159	101.38	1.29	100.70	33.47	493.3	48.0	0.734	4681	5164
2.60	11683	639	101.35	1.34	100.66	32.35	497.1	48.1	0.736	4696	5207
2.70	12165	1121	101.32	1.39	100.62	31.32	500.8	48.3	0.738	4710	5250
2.80	12649	1605	101.29	1.44	100.57	30.36	504.4	48.4	0.740	4724	5293
2.90	13134	2090	101.26	1.49	100.53	29.48	508.0	48.6	0.742	4738	5336
3.00	13620	2576	101.24	1.55	100.49	28.65	511.6	48.7	0.744	4751	5379
3.10	14108	3064	101.21	1.60	100.45	27.88	514.9	48.8	0.746	4764	5422
3.20	14597	3553	101.18	1.65	100.41	27.16	518.2	49.0	0.748	4776	5464
3.30	15087	4043	101.16	1.70	100.37	26.49	521.4	49.1	0.750	4788	5507
3.40	15578	4534	101.13	1.75	100.35	25.86	524.4	49.2	0.752	4800	5549
3.50	16071	5027	101.11	1.81	100.32	25.26	527.2	49.3	0.753	4811	5591
3.60	16565	5521	101.08	1.86	100.28	24.70	530.0	49.4	0.755	4821	5632
3.70	17059	6015	101.06	1.91	100.25	24.17	532.8	49.5	0.757	4832	5674
3.80	17555	6511	101.04	1.96	100.21	23.67	535.4	49.6	0.758	4842	5716
3.90	18052	7008	101.01	2.01	100.18	23.20	538.1	49.7	0.760	4852	5757
4.00	18550	7506	100.99	2.07	100.14	22.75	540.7	49.8	0.761	4861	5799
4.10	19048	8004	100.97	2.12	100.09	22.33	543.2	49.9	0.763	4871	5840
4.20	19548	8504	100.95	2.17	100.05	21.93	545.8	50.0	0.764	4880	5882
4.30	20049	9005	100.92	2.22	100.00	21.55	548.4	50.1	0.766	4890	5923
4.40	20551	9506	100.90	2.27	99.95	21.19	551.0	50.2	0.767	4899	5965
4.50	21053	10009	100.88	2.33	99.89	20.84	553.5	50.3	0.768	4908	6006
4.60	21557	10513	100.85	2.38	99.83	20.52	556.0	50.4	0.770	4917	6047
4.70	22061	11017	100.83	2.43	99.77	20.20	558.5	50.5	0.771	4926	6088
4.80	22566	11522	100.80	2.48	99.71	19.91	561.0	50.6	0.772	4934	6130
4.90	23072	12028	100.78	2.53	99.64	19.63	563.6	50.7	0.774	4943	6171
5.00	23579	12535	100.76	2.59	99.58	19.36	566.2	50.8	0.775	4952	6212
5.10	24087	13043	100.73	2.64	99.50	19.10	568.8	50.8	0.776	4961	6253
5.20	24596	13552	100.70	2.69	99.43	18.85	571.4	50.9	0.777	4969	6294
5.30	25106	14062	100.68	2.74	99.35	18.62	574.0	51.0	0.779	4978	6335
5.40	25617	14573	100.65	2.79	99.27	18.40	576.7	51.1	0.780	4987	6377
5.50	26129	15085	100.62	2.85	99.19	18.18	579.4	51.2	0.781	4996	6418
5.60	26641	15597	100.59	2.90	99.11	17.98	582.1	51.3	0.782	5004	6459
5.70	27155	16111	100.56	2.95	99.02	17.78	584.8	51.4	0.783	5013	6500
5.80	27669	16625	100.53	3.00	98.92	17.59	587.6	51.5	0.784	5022	6542
5.90	28184	17140	100.50	3.05	98.83	17.41	590.4	51.6	0.785	5030	6583
6.00	28700	17656	100.47	3.11	98.73	17.24	593.2	51.7	0.786	5039	6624
6.10	29217	18173	100.44	3.16	98.63	17.08	596.0	51.7	0.788	5048	6666
6.20	29735	18691	100.41	3.21	98.52	16.97	604.2	52.0	0.789	5074	6725
6.30	30256	19212	100.37	3.26	98.41	16.82	607.1	52.1	0.790	5083	6767
6.40	30778	19733	100.33	3.31	98.05	16.67	610.1	52.2	0.791	5092	6808
6.50	31300	20256	100.29	3.37	97.93	16.53	613.1	52.3	0.792	5101	6850
6.60	31823	20779	100.25	3.42	97.82	16.40	616.1	52.4	0.793	5110	6892
6.70	32348	21303	100.21	3.47	97.70	16.27	619.2	52.5	0.794	5119	6934
6.80	32873	21829	100.17	3.52	97.57	16.14	622.3	52.6	0.795	5128	6976
6.90	33399	22355	100.13	3.58	97.44	16.03	625.5	52.7	0.796	5138	7018
7.00	33926	22882	100.09	3.63	97.31	15.91	628.6	52.8	0.797	5147	7060
7.10	34454	23410	100.04	3.68	97.18	15.80	631.9	52.8	0.798	5156	7102
7.20	34983	23939	100.00	3.73	97.04	15.70	635.2	52.9	0.799	5165	7145
7.30	35513	24469	99.95	3.79	96.91	15.60	638.5	53.0	0.800	5175	7187
7.40	36044	25000	99.91	3.84	96.77	15.50	642.0	53.1	0.801	5184	7230
7.50	36576	25532	99.86	3.89	96.62	15.41	645.5	53.2	0.802	5194	7273
7.60	37109	26065	99.81	3.94	96.47	15.32	649.0	53.3	0.803	5204	7316
7.70	37642	26598	99.76	4.00	96.32	15.23	652.7	53.4	0.804	5214	7359
7.80	38177	27133	99.71	4.05	96.16	15.15	656.5	53.5	0.805	5224	7403
7.90	38713	27669	99.66	4.10	95.99	15.07	660.4	53.7	0.806	5235	7447

Carl Bro a/s - DMC  
NAPA/D/HYD/040506  
P40357500/CXS4204  
P40357500

MS SPAR LYRA  
HYDROSTATIC DATA  
TRIM = 0

DATE 2006-03-28  
TIME 08:33  
USER JAN  
Page 8-6

T	DISP	DW	LCB	VCB	LCF	KMT	MCT	TPC	CB	WLA	WSA
m	t	t	m	m	m	m	tm/cm	t/cm		m2	m2
8.00	39251	28206	99.61	4.15	95.83	15.00	664.4	53.8	0.807	5245	7491
8.10	39789	28745	99.56	4.21	95.65	14.93	668.5	53.9	0.808	5256	7535
8.20	40328	29284	99.51	4.26	95.48	14.86	672.7	54.0	0.809	5267	7579
8.30	40869	29824	99.45	4.31	95.30	14.79	676.8	54.1	0.810	5278	7624
8.40	41410	30366	99.40	4.37	95.13	14.73	680.9	54.2	0.811	5288	7669
8.50	41953	30909	99.34	4.42	94.95	14.67	685.0	54.3	0.812	5299	7713
8.60	42496	31452	99.28	4.47	94.77	14.61	689.2	54.4	0.813	5310	7758
8.70	43041	31997	99.23	4.52	94.65	14.55	691.6	54.5	0.814	5317	7805
8.80	43587	32543	99.17	4.58	94.14	14.50	704.8	54.8	0.815	5346	7868
8.90	44136	33092	99.10	4.63	93.96	14.45	708.9	54.9	0.816	5357	7912
9.00	44685	33641	99.04	4.68	93.78	14.40	712.9	55.0	0.817	5367	7956
9.10	45236	34192	98.97	4.74	93.60	14.35	716.8	55.1	0.818	5377	8000
9.20	45788	34743	98.91	4.79	93.42	14.31	720.5	55.2	0.819	5386	8044
9.30	46340	35296	98.84	4.84	93.25	14.27	724.2	55.3	0.820	5395	8088
9.40	46894	35849	98.77	4.90	93.08	14.23	727.7	55.4	0.821	5404	8132
9.50	47448	36404	98.71	4.95	92.91	14.19	731.0	55.5	0.822	5413	8175
9.60	48003	36959	98.64	5.00	92.74	14.15	734.4	55.6	0.823	5422	8219
9.70	48559	37515	98.57	5.06	92.58	14.12	737.6	55.7	0.824	5430	8262
9.80	49116	38072	98.50	5.11	92.41	14.08	740.6	55.7	0.825	5438	8305
9.90	49674	38630	98.43	5.16	92.25	14.05	743.6	55.8	0.826	5445	8348
10.00	50232	39188	98.36	5.22	92.09	14.02	746.5	55.9	0.827	5453	8391
10.10	50792	39748	98.29	5.27	91.94	13.99	749.3	56.0	0.828	5460	8434
10.20	51352	40308	98.22	5.32	91.78	13.96	751.9	56.0	0.829	5467	8477
10.30	51913	40868	98.15	5.37	91.63	13.94	754.4	56.1	0.830	5473	8520
10.40	52474	41430	98.08	5.43	91.47	13.91	756.8	56.2	0.830	5480	8563
10.50	53036	41992	98.01	5.48	91.31	13.89	758.9	56.2	0.831	5485	8605
10.60	53599	42554	97.94	5.53	91.16	13.87	761.0	56.3	0.832	5491	8648
10.70	54162	43118	97.87	5.59	91.01	13.85	763.0	56.3	0.833	5496	8691
10.80	54725	43681	97.80	5.64	90.85	13.83	764.8	56.4	0.834	5501	8733
10.90	55289	44245	97.72	5.69	90.70	13.81	766.4	56.4	0.835	5506	8776
11.00	55854	44810	97.65	5.75	90.54	13.79	767.9	56.5	0.836	5510	8819
11.10	56419	45375	97.58	5.80	90.38	13.77	769.1	56.5	0.837	5514	8862
11.20	56984	45940	97.51	5.85	90.21	13.76	770.1	56.5	0.838	5517	8905
11.30	57550	46506	97.44	5.91	90.04	13.75	770.7	56.6	0.838	5519	8949
11.40	58116	47072	97.36	5.96	89.89	13.74	771.9	56.6	0.839	5523	8992
11.50	58682	47638	97.29	6.01	89.80	13.73	774.4	56.7	0.840	5529	9032
11.60	59249	48205	97.22	6.07	89.70	13.72	776.8	56.7	0.841	5536	9073
11.70	59817	48773	97.15	6.12	89.61	13.71	779.2	56.8	0.842	5542	9113
11.80	60385	49341	97.07	6.17	89.52	13.70	781.5	56.9	0.842	5548	9153
11.90	60954	49910	97.00	6.22	89.44	13.70	783.7	56.9	0.843	5554	9193
12.00	61524	50480	96.93	6.28	89.35	13.69	785.9	57.0	0.844	5559	9233
12.10	62094	51050	96.86	6.33	89.27	13.69	788.1	57.0	0.845	5565	9273
12.20	62665	51620	96.79	6.38	89.19	13.69	790.2	57.1	0.846	5570	9313
12.30	63236	52192	96.72	6.44	89.11	13.68	792.2	57.1	0.846	5576	9353
12.40	63808	52763	96.66	6.49	89.03	13.68	794.2	57.2	0.847	5581	9392
12.50	64380	53336	96.59	6.54	88.96	13.68	796.1	57.3	0.848	5586	9432
12.60	64953	53909	96.52	6.60	88.89	13.68	798.0	57.3	0.849	5591	9471
12.70	65526	54482	96.45	6.65	88.81	13.68	799.9	57.4	0.849	5596	9511
12.80	66100	55056	96.39	6.70	88.75	13.69	801.7	57.4	0.850	5600	9550
12.90	66674	55630	96.32	6.75	88.67	13.69	803.4	57.4	0.851	5605	9589
13.00	67249	56204	96.25	6.81	88.61	13.69	805.1	57.5	0.852	5609	9628
13.10	67824	56780	96.19	6.86	88.54	13.70	806.8	57.5	0.852	5614	9667
13.20	68399	57355	96.13	6.91	88.48	13.70	808.5	57.6	0.853	5618	9707

Carl Bro a/s - DMC  
NAPA/D/STAB/040506  
P40357500/CXS4204  
P40357500

DIAMOND 53  
STABILITY MS DATA  
TRIM = 0

DATE 2006-03-28  
TIME 09:05  
USER HND  
Page 9-3

RESIDUARY STABILITY LEVER MS AS A FUNCTION OF DRAUGHT AND HEELING ANGLE  
INITIAL TRIM: 0.00 M UNIT: m

INITIAL	HEELING ANGLE (DEGREES)								
DRAUGHT	5.0	10.0	12.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	75.0
2.50	-0.006	-0.144	-0.410	-2.612	-6.353	-10.352	-14.198	-17.492	-21.331
2.60	-0.004	-0.109	-0.325	-2.340	-5.864	-9.663	-13.319	-16.470	-20.216
2.70	-0.003	-0.084	-0.256	-2.095	-5.416	-9.024	-12.511	-15.519	-19.187
2.80	-0.002	-0.064	-0.198	-1.874	-5.006	-8.435	-11.763	-14.639	-18.237
2.90	-0.001	-0.048	-0.152	-1.674	-4.628	-7.891	-11.068	-13.824	-17.357
3.00	-0.001	-0.036	-0.115	-1.492	-4.281	-7.387	-10.422	-13.068	-16.541
3.10	-0.001	-0.025	-0.085	-1.326	-3.958	-6.915	-9.815	-12.361	-15.776
3.20	-0.001	-0.016	-0.063	-1.175	-3.658	-6.476	-9.248	-11.703	-15.063
3.30	-0.001	-0.009	-0.045	-1.038	-3.381	-6.067	-8.717	-11.089	-14.397
3.40	-0.001	-0.003	-0.031	-0.913	-3.123	-5.684	-8.218	-10.517	-13.774
3.50	-0.001	0.001	-0.019	-0.798	-2.882	-5.324	-7.748	-9.979	-13.188
3.60	-0.001	0.005	-0.008	-0.693	-2.657	-4.986	-7.303	-9.474	-12.635
3.70	-0.001	0.009	0.001	-0.596	-2.445	-4.667	-6.882	-8.999	-12.114
3.80	-0.001	0.011	0.009	-0.509	-2.248	-4.367	-6.486	-8.553	-11.624
3.90	-0.002	0.013	0.015	-0.429	-2.064	-4.086	-6.112	-8.134	-11.161
4.00	-0.002	0.015	0.020	-0.357	-1.892	-3.820	-5.759	-7.740	-10.723
4.10	-0.002	0.016	0.024	-0.291	-1.730	-3.569	-5.424	-7.368	-10.307
4.20	-0.002	0.017	0.028	-0.231	-1.579	-3.332	-5.109	-7.016	-9.911
4.30	-0.002	0.018	0.031	-0.177	-1.436	-3.106	-4.811	-6.684	-9.534
4.40	-0.002	0.019	0.034	-0.127	-1.302	-2.893	-4.530	-6.369	-9.173
4.50	-0.003	0.019	0.036	-0.083	-1.176	-2.691	-4.265	-6.072	-8.829
4.60	-0.003	0.020	0.038	-0.043	-1.057	-2.498	-4.014	-5.791	-8.499
4.70	-0.003	0.021	0.040	-0.007	-0.945	-2.316	-3.778	-5.525	-8.185
4.80	-0.003	0.021	0.041	0.025	-0.841	-2.143	-3.556	-5.274	-7.886
4.90	-0.004	0.022	0.042	0.052	-0.743	-1.979	-3.347	-5.038	-7.602
5.00	-0.004	0.022	0.042	0.077	-0.650	-1.823	-3.150	-4.813	-7.330
5.10	-0.004	0.022	0.043	0.098	-0.563	-1.674	-2.962	-4.600	-7.069
5.20	-0.004	0.023	0.044	0.117	-0.480	-1.531	-2.785	-4.397	-6.820
5.30	-0.004	0.023	0.044	0.133	-0.403	-1.396	-2.618	-4.205	-6.583
5.40	-0.004	0.023	0.045	0.147	-0.330	-1.267	-2.461	-4.024	-6.358
5.50	-0.004	0.024	0.045	0.158	-0.262	-1.145	-2.313	-3.852	-6.143
5.60	-0.004	0.024	0.045	0.167	-0.197	-1.028	-2.172	-3.689	-5.939
5.70	-0.004	0.024	0.045	0.175	-0.136	-0.916	-2.039	-3.532	-5.743
5.80	-0.004	0.024	0.046	0.182	-0.079	-0.810	-1.913	-3.383	-5.556
5.90	-0.004	0.024	0.046	0.188	-0.025	-0.709	-1.795	-3.241	-5.377
6.00	-0.004	0.025	0.046	0.193	0.026	-0.614	-1.683	-3.105	-5.207
6.10	-0.003	0.025	0.046	0.197	0.073	-0.524	-1.577	-2.976	-5.045
6.20	-0.008	0.016	0.035	0.183	0.093	-0.472	-1.516	-2.896	-4.940
6.30	-0.007	0.016	0.035	0.185	0.135	-0.392	-1.422	-2.776	-4.792
6.40	-0.007	0.016	0.035	0.188	0.174	-0.317	-1.333	-2.661	-4.650
6.50	-0.007	0.016	0.035	0.190	0.212	-0.246	-1.249	-2.550	-4.515
6.60	-0.007	0.016	0.035	0.191	0.247	-0.180	-1.170	-2.444	-4.386
6.70	-0.007	0.016	0.035	0.192	0.280	-0.118	-1.096	-2.342	-4.262
6.80	-0.007	0.016	0.035	0.193	0.310	-0.060	-1.026	-2.245	-4.145
6.90	-0.006	0.016	0.035	0.193	0.339	-0.006	-0.960	-2.151	-4.032
7.00	-0.006	0.016	0.035	0.193	0.366	0.043	-0.897	-2.062	-3.925
7.10	-0.006	0.017	0.035	0.193	0.390	0.089	-0.839	-1.978	-3.824
7.20	-0.006	0.017	0.035	0.193	0.413	0.132	-0.784	-1.898	-3.727
7.30	-0.006	0.016	0.035	0.192	0.435	0.171	-0.733	-1.822	-3.635
7.40	-0.006	0.016	0.035	0.191	0.454	0.206	-0.684	-1.750	-3.547
7.50	-0.006	0.016	0.035	0.190	0.472	0.239	-0.639	-1.682	-3.464
7.60	-0.006	0.016	0.034	0.189	0.489	0.268	-0.595	-1.617	-3.384
7.70	-0.006	0.016	0.034	0.188	0.504	0.295	-0.554	-1.556	-3.309

Carl Bro a/s - DMC  
 NAPA/D/STAB/040506  
 P40357500/CXS4204  
 P40357500

DIAMOND 53  
 STABILITY MS DATA  
 TRIM = 0

DATE 2006-03-28  
 TIME 09:05  
 USER HND  
 Page 9-4

DRAUGHT	5.0	10.0	12.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	75.0
7.80	-0.005	0.016	0.034	0.187	0.518	0.319	-0.516	-1.499	-3.237
7.90	-0.005	0.016	0.034	0.186	0.530	0.340	-0.479	-1.446	-3.169
8.00	-0.005	0.016	0.034	0.185	0.541	0.359	-0.444	-1.396	-3.104
8.10	-0.005	0.016	0.033	0.184	0.551	0.375	-0.412	-1.349	-3.043
8.20	-0.005	0.016	0.033	0.182	0.560	0.389	-0.381	-1.305	-2.985
8.30	-0.005	0.016	0.033	0.181	0.568	0.400	-0.351	-1.264	-2.930
8.40	-0.005	0.015	0.032	0.180	0.574	0.410	-0.324	-1.226	-2.878
8.50	-0.005	0.015	0.032	0.179	0.579	0.417	-0.298	-1.191	-2.829
8.60	-0.005	0.015	0.032	0.178	0.582	0.423	-0.274	-1.158	-2.783
8.70	-0.005	0.015	0.031	0.176	0.584	0.426	-0.252	-1.129	-2.739
8.80	-0.005	0.015	0.031	0.175	0.584	0.428	-0.233	-1.102	-2.700
8.90	-0.005	0.015	0.031	0.174	0.583	0.429	-0.214	-1.076	-2.660
9.00	-0.005	0.014	0.030	0.173	0.581	0.428	-0.197	-1.053	-2.624
9.10	-0.005	0.014	0.030	0.171	0.578	0.425	-0.182	-1.032	-2.590
9.20	-0.004	0.014	0.030	0.170	0.573	0.421	-0.170	-1.014	-2.559
9.30	-0.004	0.014	0.030	0.169	0.566	0.416	-0.159	-0.997	-2.529
9.40	-0.004	0.014	0.029	0.168	0.559	0.411	-0.149	-0.983	-2.501
9.50	-0.004	0.014	0.029	0.167	0.550	0.404	-0.142	-0.970	-2.475
9.60	-0.004	0.014	0.029	0.166	0.540	0.396	-0.136	-0.959	-2.451
9.70	-0.004	0.013	0.029	0.165	0.529	0.388	-0.132	-0.949	-2.429
9.80	-0.004	0.013	0.028	0.164	0.518	0.378	-0.129	-0.941	-2.408
9.90	-0.004	0.013	0.028	0.164	0.505	0.369	-0.129	-0.935	-2.390
10.00	-0.004	0.013	0.028	0.163	0.491	0.358	-0.129	-0.931	-2.372
10.10	-0.004	0.013	0.028	0.162	0.476	0.347	-0.132	-0.928	-2.357
10.20	-0.004	0.013	0.028	0.162	0.460	0.334	-0.136	-0.926	-2.343
10.30	-0.004	0.013	0.028	0.161	0.444	0.321	-0.141	-0.927	-2.331
10.40	-0.004	0.013	0.028	0.160	0.427	0.308	-0.148	-0.928	-2.320
10.50	-0.004	0.013	0.028	0.160	0.409	0.294	-0.156	-0.931	-2.310
10.60	-0.004	0.013	0.028	0.159	0.390	0.279	-0.165	-0.935	-2.302
10.70	-0.004	0.013	0.028	0.159	0.371	0.263	-0.176	-0.940	-2.295
10.80	-0.004	0.014	0.028	0.159	0.351	0.247	-0.188	-0.946	-2.289
10.90	-0.003	0.014	0.028	0.158	0.330	0.230	-0.201	-0.954	-2.285
11.00	-0.003	0.014	0.028	0.158	0.309	0.212	-0.215	-0.963	-2.281
11.10	-0.003	0.014	0.028	0.157	0.287	0.194	-0.231	-0.973	-2.279
11.20	-0.003	0.014	0.028	0.157	0.265	0.174	-0.248	-0.984	-2.278
11.30	-0.003	0.014	0.028	0.157	0.242	0.154	-0.266	-0.996	-2.278
11.40	-0.003	0.014	0.028	0.156	0.219	0.132	-0.286	-1.010	-2.280
11.50	-0.003	0.014	0.028	0.155	0.195	0.108	-0.308	-1.026	-2.284
11.60	-0.003	0.014	0.028	0.154	0.172	0.084	-0.331	-1.043	-2.289
11.70	-0.003	0.014	0.028	0.153	0.148	0.058	-0.355	-1.061	-2.295
11.80	-0.003	0.014	0.028	0.151	0.124	0.031	-0.380	-1.080	-2.301
11.90	-0.003	0.014	0.028	0.149	0.101	0.004	-0.407	-1.099	-2.309
12.00	-0.003	0.013	0.028	0.146	0.078	-0.024	-0.434	-1.120	-2.318
12.10	-0.003	0.013	0.028	0.142	0.054	-0.053	-0.462	-1.142	-2.327
12.20	-0.003	0.013	0.027	0.137	0.032	-0.083	-0.491	-1.164	-2.338
12.30	-0.003	0.013	0.027	0.131	0.009	-0.114	-0.521	-1.188	-2.349
12.40	-0.003	0.013	0.027	0.124	-0.014	-0.145	-0.552	-1.212	-2.361
12.50	-0.003	0.014	0.027	0.116	-0.037	-0.177	-0.584	-1.237	-2.374
12.60	-0.003	0.014	0.027	0.107	-0.060	-0.210	-0.616	-1.263	-2.388
12.70	-0.003	0.014	0.027	0.098	-0.082	-0.243	-0.649	-1.290	-2.402
12.80	-0.003	0.014	0.027	0.087	-0.105	-0.277	-0.683	-1.318	-2.417
12.90	-0.003	0.014	0.027	0.075	-0.128	-0.311	-0.718	-1.346	-2.433
13.00	-0.003	0.014	0.027	0.063	-0.150	-0.346	-0.754	-1.376	-2.450
13.10	-0.002	0.014	0.027	0.050	-0.173	-0.381	-0.790	-1.406	-2.467
13.20	-0.002	0.014	0.027	0.035	-0.195	-0.417	-0.827	-1.437	-2.486